Synopsis of the
Symposium on

The Saguenay Flood

Supervised by

Jacques Locat
Christiane Gagnon
and
Émilien Pelletier

Baie Éternité, fjord du Saguenay, Québec, source: Post

Part of the

Québec - 1998
Carrefour des Sciences de la Terre

Quebec City, Canada, May 20, 1998

Synopsis of the Symposium on

The Saguenay Flood

Held in Quebec City, May 20, 1998
During the
Carrefour des Sciences de la Terre

Supervised by
Jacques Locat, Christiane Gagnon and Émilien Pelletier

Objectives

The Symposium shed light on various facets of this catastrophic event. Special attention focused on factors such as the human impact (before, during and after), meteorological and hydraulic aspects (e.g., behaviour of dykes and dams, erosion), and an analysis of natural hazards and their effects on the environment. It also addressed the environmental impact (terrestrial and marine) and the factors inherent in reconstruction and relocation. The Symposium gathered together the major scientists involved during the flood and researchers who had already started analysing the various facets of the phenomenon. The Symposium was to generate future outlooks within the framework of the International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR) in order to draw lessons and make recommendations of interest both to researchers and risk managers.

Sponsors

The Saguenay Flood Symposium was sponsored by Emergency Preparedness Canada, the Ministère des transports du Québec, Canadian Heritage/Parks Canada, and the Techmat and Cegertech companies.

Participation

The Symposium opened with a presentation by Roger Nicolet, President of the Ordre des ingénieurs du Quebec and past Chair of the Nicolet Commission on the Saguenay Flood. In all, more than 90 people actively participated by delivering conference presentations, developing posters and taking part in the round table held at the close of the Symposium.

A total of 30 papers and posters were delivered or displayed at the Symposium. A list of the various topics covered and the names of the different authors are presented below.

Summary of Topics Addressed

One of the key aims in organising this Symposium was to gather together a broad range of scientists, both from the humanities and the field of pure and applied science. In this regard, we believe the Symposium was a clear success. The nature of the discussions and intensity of the exchanges during the round table clearly validated the approach. Despite differences in the background and training of the various contributors, the debate was extremely productive for one and all. The sessions were also organised to foster interaction (see the Symposium program in Appendix 1).

The following list gives a good overview of the diversity of contributions.

- Risk Management and Engineering Practice: The Saguenay Case (R. Nicolet)
- Rivière Chicoutimi : Talk about a flood – A geographic outlook on the overall phenomenon (G.H. Lemieux)
- Impact of flooding on public health : Survey of the literature and case studies (G. Lalande, D. Maltais, S. Robichaud, A. Simard and N. Simard)
- Fluvial geomorphic effects of the July 1996 flooding, Saguenay Region, Southern Québec, Canada (D.E. Lawrence et G.R. Brooks)
- Saguenay fjord contamination: A summary of current knowledge (E. Pelletier)
- Residential flood damage : Lessons from the Saguenay (M. Leclerc, J. Marion, M. Heniche)
- Reconstruction management following torrential rains in the Saguenay (F. Morneau)
- Contribution of detailed surficial mapping in the reconnaissance of multi-event landslides in post-glacial marine clays (S.J. Paradis, D. Perret, C. Bégin)
- Retrospective analysis of landslides during the torrential rainfalls of July 1996 in the Saguenay (D. Demers, D. Robitaille, D. Perret, J. D'Astous)
- Rockfalls during the Saguenay flood (A. Drolet)
- Sedimentary movement in the Saguenay fjord: Effects of environmental perturbation on the composition and evolution of macrobenthic populations (C. Nozais and G. Desrosiers)
- Impact of the July 1996 floods on benthic meiofauna in the Saguenay fjord (G. Tita and G. Desrosiers)
- Micropaleontological and geochemical tracers of recent environmental changes in the Saguenay fjord (R. Devillers, V. Loucheur, S. Marmen, A. Bertini, A. de Vernal, C. Hillaire-Marcel, G. Bilodeau, J. Leduc and G. St-Onge)
- Thorium isotope systematics in box cored sediments from the outlet of the Baie des Ha! Ha!, Saguenay Fjord (Eastern Canada) (J. Savard, B. Ghaleb, D. Zhang et C. Hillaire-Marcel)
- The Saguenay flood: geochemical evolution of sediment in Baie des Ha! Ha! (Saguenay Fjord) (B. Deflandre and J.-P. Gagné)
- Butyltin contamination in the fjord (S. Robillard, E. Pelletier and R. St-Louis)
- Comparison of crossed array system surveys conducted in 1993 and 1997 in the area upstream from the Saguenay fjord : initial analysis of the 1996 layer and geomorphic factors (J. Locat, E. Kammerer, N. Doucet, J. Hughes-Clarke, L. Mayer, F. Maurice, E. Boulanger and P. Simpkin)
- Structure of a deposit sequence analysed by tomodensitometry - Example of the sequence created after the 1996 floods (J.-F. Crémer, B. Long and J. Locat)

- Consolidation of the 1996 layer covering contaminated sediment in the Baie des Ha! Ha! sector in July 1996 (F. Maurice, J. Locat, S. Leroueil, R. Glavez-Cloutier and R. Therrien)
- Major features of the flood research program (GRIR, UQAC) (C. Gagnon)
- Post-flood reconstruction planning and management in the Saguenay (M.-U. Proulx)
- Emergency preparedness lessons learned and still to be learned from the Saguenay disaster (T. Pauchant, P. Cazalis and D. Parent)
- Rivière des Ha! Ha!, epicentre of the flood: Geotechnical factors (J. Vallée)
- Particulate and colloidal + dissolved species within the water column of the Saguenay fjord: perturbations? (S. Alpay, A. Mucci et C. Hillaire-Marcel)
- Use of piezocone during the July 1996 Saguenay flood (R. Bouchard)
- Typology of landslides caused by heavy rains in mid-July 1996 in Saguenay/Lac St-Jean, Quebec (D. Perret, C. Bégin and D. Demers)
- Post-traumatic stress disorder: after the Saguenay flood (M. Fortin, C. Auger, S. Latour and M. Trudel)
- Analysis of the Rivière Chicoutimi flood and its geomorphic effects (M. Heniche, M. Leclerc, Y. Secretan, P. Boudreau and M. Lapointe)
- Performance of the sedimentary layer from the 1996 flood covering contaminated sediment in the Saguenay fjord : An opportunity for technological development (J. Locat, G. Desrosiers, A. de Vernal, J.-P. Gagné, R. Galvez-Cloutier, Y. Gratton, P. Hill, C. Hillaire-Marcel, B. Long, A. Mucci, E. Pelletier, P. Simpkin and R. Therrien)

Major Lessons

The summaries contained in this document should provide a good idea of the major technical lessons to be learned from this experience. During the question periods and the round table, many comments were made. The following is a summary of the main points arising from the various discussions.

- One of the factors emerging from this activity is the fundamental need for knowledge and information both for the public and for decision-makers. In his introduction, Mr. Nicolet squarely centred the debate on adequate risk management which hinges on frequent communication and discussions with the people involved.
- The human drama played out the Saguenay flood is perhaps less obvious but still persists in the behaviour of many of the people affected.
- Despite difficult conditions, infrastructure reconstruction in the Saguenay Region was carried out quickly and smoothly on the whole.
- Although the flood was certainly an unusual phenomenon, the area where it occurred regularly receives heavy rainfall.
- One major impact for the Saguenay fjord was the heavy supply of new sediment. However, this sediment supply could be beneficial by covering a large portion of the contaminated sediment previously existing in the fjord.
- Other inter-disciplinary exchanges of a similar nature should be encouraged.

After reading the following summaries, we are able to grasp the scope of studies and work in progress in the Saguenay region. Each of these may make separate findings. We consider it important to review the region's situation in the not too distant future (3 to 5 years).

Acknowledgements

The team responsible for organising the *Saguenay Flood Symposium* would like to thank the various agencies that provided financial support for this event. The funding received will allow us to prepare an additional publication combining the keynote papers (long summaries). Now in preparation, this document should be available in 1999. We also wish to thank the organisers of Québec 1998 – Carrefour des Sciences de la Terre for allowing us to hold this Symposium as part of its activities.

Synopsis

RISK MANAGEMENT AND ENGINEERING PRACTICE: THE SAGUENAY CASE

NICOLET, Roger, Eng., Ordre des ingénieurs du Québec, 2020 rue Université, 18th floor, Montreal, Quebec, H3A 2A5.

In practising their profession, engineers come in daily contact with technology and nature. They are asked to manage a reconciliation of the two for the benefit of society. Although total security is impossible, engineers more than any other professionals are required to make decisions that involve a trade-off between zero risk and the cost of facilities. The Saguenay case shows that the combination of natural and technological elements can lead to unprecedented disasters if this synergy is not harnessed or if it is misunderstood and underestimated. The case in point also clearly illustrates that determining the various categories of risk is not enough; the synergetic effects of the various risk factors must also be identified. Unlikely events must be factored in when the impact of hypothetical systemic failures extends to the death of people and massive destruction of public or private property. Naturally, the "Saguenay flood" shows that risk prevention measures are required in order to put the emphasis on community and human safety. However, it also shows that communities must receive clear information and explanations on the risks confronting them. Involving the communities in question is the best guarantee that the trade-offs will be understood and accepted. Among other things, the popularisation process leads the way to the effective management of crises and their after-effects. From this standpoint, the ties between government authorities, communities and experts would benefit from extensive improvement. In a law-based society such as ours, the legal system plays a major role. A revision of the *Waterways Act* is imperative.

RIVIERE CHICOUTIMI: TALK ABOUT A FLOOD – A GEOGRAPHIC OUTLOOK ON THE OVERALL PHENOMENON

LEMIEUX, Gilles-H. Laboratoire de Télédétection, Université du Québec à Chicoutimi, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi, Quebec, G7H 2B1, tlemieux@videotron.ca

Causes, consequences and lessons: On July 19, 20 and 21, 1996, torrential rainfalls pummelled the vast watershed of the Laurentian wildlife reserve north of Quebec City in Eastern North America for more than 50 hours. With the engorgement of waterways, these rainfalls triggered the biophysical transformation of forests, soils, the water table, lakes and rivers, and at the same time destroyed road systems and urban installations situated near waterways or in floodplains. This CDROM contains a brief, unpretentious analysis of the Rivière Chicoutimi flood, humbly offering a geographic and historical outlook on the overall phenomenon to place the event within its broader North American context (temporal and spatial) and perhaps lead to a better understanding of the experience. By underscoring a few lessons to be learned from the disaster, this scientific report provides for a better acceptance and the minimisation of future effects.

IMPACT OF FLOODING ON PUBLIC HEALTH: SURVEY OF THE LITERATURE AND CASE STUDIES

LALANDE, Gilles, MALTAIS, Danielle, ROBICHAUD, Suzie, SIMARD, Anne and SIMARD, Nathalie. Université du Québec à Chicoutimi, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi, Quebec G7H 2B1

The July 1996 disaster affected many people. More than 16,000 were evacuated and 7,000 families witnessed extensive damage to their homes or neighbourhoods. Up to now, we have received much information on the climactic conditions that conspired toward this disaster and on the impact of flooding on land planning. However, few Quebec researchers have studied the flood's effects on the health of its victims. Yet American researchers have explored the effects of many types of collective traumas. Through these studies, researchers show that psychological after-effects are common among populations exposed to disaster (Bravo *et al.*, 1990; Green *et al.*, 1992). Some authors have observed an increase in depressive and somatic symptoms, emotional distress and anxiety. Some flood victims, like those in Buffalo Creek, exhibited psychological disorders 14 years after the event, including phobias, panic disorders and agoraphobia. This paper tries to succinctly describe the possible effects of flooding on the bio-psycho-social health of people. Our information comes from an exhaustive survey of the literature and reports of detailed interviews with approximately 30 disaster victims divided into four separate categories according to the damage to their home (total loss, major damage, moderate damage and minor damage). The presenters draw a tie between theory and practice by describing the differences and similarities between the results gleaned from the literature and from a qualitative analysis of the interviews.

References

Bravo, M. et al. (1990). "The psychological sequelae of disaster stress prospectively and retrospectively evaluated." American Journal of Community Psychology, 18(5), 661-680.

Green, B.L. et al. (1992). "Chronic posttraumatic stress disorder and diagnostic comorbidity in a disaster sample". Journal of nervous and mental disease, 180(12), 760-766.

FLUVIAL GEOMORPHIC EFFECTS OF THE JULY 1996 FLOODING, SAGUENAY REGION, SOUTHERN QUEBEC, CANADA

LAWRENCE, D.E., and BROOKS, G.R., Geological Survey of Canada, 601 Booth Street, Ottawa, ON, K1A 0E8

On July 18-21,1996, a major storm system stalled over the mouth of the St. Lawrence River and dropped record amounts of rain causing widespread flooding in southern Quebec. Flooding was particularly severe along river systems located south of the Saguenay-Lac Saint Jean area, where in excess of 200 mm of rain fell within a 36-hour period. Flooding along four rivers caused major geomorphic changes, the severity of which varied considerably from river to river and from reach to reach along individual rivers. Along Rivière aux Sables and Rivière Chicoutimi, the floodwaters overtopped a number of small dams causing dramatic, yet localised, lateral bank erosion and incision. Major lateral channel erosion and avulsions occurred along the lower 10 km of Rivière à Mars causing extensive damage within the floodplain and on terraces along the valley bottom. The worst flooding in the region, relative to the size of the drainage basin,

occurred along Rivière des Ha! Ha!, where overtopping and erosion of an earthfill dyke caused the rapid drainage of the Lac Ha! Ha! reservoir, compounding the effects of the flooding from the rainstorm. Over a distance of 35 km from Lac Ha! Ha! to the river mouth, flood water ravaged the valley bottom causing moderate to major channel widening and incision along relatively steeply sloped reaches, and major sedimentation (up to several metres) along more gently sloped reaches and at the river mouth. Overall, the July 18-21, 1996 flooding damaged or destroyed infrastructure (bridges, dams and roads) and numerous homes, and seriously impaired a number of major industries, making this one of Canada's most costly natural disasters.

SAGUENAY FJORD CONTAMINATION: A SUMMARY OF CURRENT KNOWLEDGE

PELLETIER, Émilien. Institut national de la recherche scientifique (INRS-Océanologie), 310 allée des Ursulines, Rimouski, Quebec, G5L 3A1, emilien_pelletier@uqar.uquebec.ca

The contamination of water and sediment in the Saguenay fjord has been extensively studied for approximately 30 years. Following the discovery of high mercury levels in the Nordic Shrimp, Pandalus borealis, in the early seventies, many successive sampling campaigns -- initially by Fisheries and Environment Canada and the Université Laval and later by the Université du Québec à Chicoutimi, the Centre océanographie de Rimouski and McGill University -- have detected not only mercury in the sediment of the fjord and its organisms, but also several other trace metals such as cadmium and zinc. The implementation in 1972 of stricter Canadian legislation governing industrial effluent triggered a direct and significant reduction in mercury contamination beginning in 1975 and led to a significant decrease in the mercury present in shrimp and other benthic organisms in later years. Other work launched by the Université du Québec à Chicoutimi in the early eighties and later pursued by Fisheries and Environment Canada and the Centre océanographique de Rimouski revealed major contamination in the fjord's sediment by many polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) including some with carcinogenic potential. These compounds result from the combustion of wood and fuel as well as certain industrial processes used in the Arvida region. As in the case of mercury, the industry's implementation of new, less polluting processes in the seventies and eighties substantially reduced the supply of these substances to the fjord. Lastly, recent work performed jointly by Fisheries and Environment Canada and the Centre océanographique de Rimouski revealed the presence of many organo-chlorinated compounds (PCB, dioxins, furanes, DDT, DDE, BHC and others) in the fjord's sediment and organisms. Nevertheless, these compounds, primarily airborne and generally present amounts below those found in the St. Lawrence Estuary, account for a very low level of contamination. The catastrophic rainfalls of July 1996 helped bury all of these contaminants under several centimetres of mud and sand in the Baie des Ha! Ha! and in a portion of the Bras Nord. Research work now in progress will help determine whether this burial is permanent or merely temporary.

RESIDENTIAL FLOOD DAMAGE: LESSONS FROM THE SAGUENAY

LECLERC, Michel, MARION, Joëlle, and HENICHE Mourad. Institut national de la recherche scientifique-Eau (INRS-Eau), P.O. Box 7500 Sainte-Foy, Quebec, G1V 4C7,

Michel_Leclerc@inrs-eau.uquebec.ca

After the Saguenay floods of July 1996, dam reconstruction on the rivers downstream of Lac Kénogami and the creation of water flow and water level management plans for these waterways, consideration had to be given to the potential damage caused by a repetition of the extreme flooding experienced by the Saguenay in July 1996. The Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec therefore instructed the INRS-Eau to develop a functional relation, for the Rivière Chicoutimi, the Rivière aux Sables and Lac Kénogami, between residential damage possibly resulting from various potential floods, and the flow or level of water involved in these events. First of all, the damage evaluation was limited to permanent or seasonal residential housing stock. Although important, the other categories of damage such as damage to infrastructures or to the rivers themselves were not taken into account at this point. The applied approach uses a residential, geo-referenced definition of flood damage. The explanatory variable is the local depth of submersion. Depending on the circumstances, this variable is defined by measurements, or using the 2D hydrodynamic model (HYDROSIM model). The topography of the flood zones was determined using photogrametrics and processed with the MODELEUR software. The data used to determine the relation to the flow coefficient was supplied by raw data on compensation following the 1996 flood and municipal assessment data for each property (dependent variable). Four relations were identified between flood damage and submersion: groups of residences with or without a basement, and homes valued at less or more than $50,000. Cumulative residential damage curves for the three hydrographic units were developed on the basis of their flow coefficient. The future Lac Kénogami management plan can follow various distribution rationales mentioned in this article, including the status quo (1/3-2/3) based on the current management plan, or rationales based on economics, equity, the natural flow coefficient or engineering design limits.

RECONSTRUCTION MANAGEMENT FOLLOWING TORRENTIAL RAINS IN THE SAGUENAY

MORNEAU, François. Office of Reconstruction - Ministère des transports du Québec, 700 boul. René Levesque est, 14th floor, Quebec City, Quebec, G1R 5H1, f.morneau @sympatico.ca

The torrential downpour of July 1996 had a disastrous effect on the Saguenay/ Lac-St-Jean region and north-eastern Quebec. Ten people died, and 16,000 had to be evacuated. Most of the roads were impassable because of landslides and fluvial erosion. The force of the water washed out many bridges and rail lines, dykes and dams. More than 600 houses were destroyed and 850 seriously damaged. The overall cost of the disaster amounted to more than one billion dollars. In the early days following the downpour, an interdepartmental group produced an action plan to set guidelines for reconstruction in the areas devastated by the rivers. Three weeks after the rains, municipal governments and large corporations were called to meetings to hear the government's policy on reconstruction. At these meetings, various preliminary maps of the disaster zones were presented to inform the parties involved of the need to avoid rebuilding in risk areas. The problem of rebuilding in devastated floodplains with an extremely active fluvial dynamic demanded an up-to-date mapping of the "new" floodplains. In terms of areas at risk of soil movement, preliminary geotechnical maps were also promptly developed and submitted to

municipalities located in vulnerable areas. After meetings with the municipalities and site visits involving municipal officials and an interdisciplinary government team, redevelopment and reconstruction scenarios were developed for many locations. However, along highly destabilised rivers and especially at river mouths, infrastructure reconstruction was an extremely complex matter. Watershed committees were created for the Rivière Ha! Ha!, Rivière à Mars and Rivière St-Jean to develop an overall diagnosis and reach a consensus on the action to be taken. A river restoration program was launched, primarily to stabilise the shorelines and restore a hydro-sedimentological balance to the rivers in order to avoid the need for recurrent dredging at the river mouths. In some devastated areas of the Saguenay, reconstruction offered an outstanding opportunity to experiment with land management and planning methods that enlisted interdisciplinary co-operation, teamwork and public consultation to quickly identify feasible, lasting solutions for these environments.

CONTRIBUTION OF DETAILED SURFICIAL MAPPING IN THE RECONNAISSANCE OF MULTI-EVENT LANDSLIDES IN POSTGLACIAL MARINE CLAYS

PARADIS, S.J., PERRET, D., and BÉGIN, C. Geological Survey of Canada, Centre géoscientifique de Québec, 2535 boul. Laurier, P.O. Box 7500 Sainte-Foy (QC), G1V 4C7 paradis@gsc.nrcan.gc.ca

Landslides in the Chicoutimi-La Baie area of central Québec have been mapped at two main scales: a local detailed scale (1:1 000) for urban engineering and geotechnical purposes and a more regional scale (1:50 000) for earth scientists and land use planners. However, systematic surficial mapping using black and white aerial photographs at a scale of 1:15 000 has proven to be a more efficient method to investigate and understand the complex history and distribution of multi-event landslides. These landslides occur in thick marine clays that were deposited in Laflamme Sea between about 10,250 and 8,500 years B.P. Marine regression has left a series of stepped marine terraces at elevations ranging from 160 m down to modern shores of the Saguenay fjord. Detailed cartography shows that the regional scale (kilometric) landslide scars are laterally associated to some marine terraces and that a robust relative chronology can be established for large sets of landslides mainly on the basis of the staircase distribution of multi-scale scars.

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF LANDSLIDES DURING THE TORRENTIAL RAINFALLS OF JULY 1996 IN THE SAGUENAY

DEMERS, Denis. Ministère des transports du Québec, Geotechnical and Geology Service, 930, Chemin Ste-Foy, 5th floor, Quebec City, Quebec, G1S 4X9, ddemers@mtq.gouv.qc.ca; ROBITAILLE, Denis. Ministère des transports du Québec, Geotechnical and Geology Service, 930, Chemin Ste-Foy, 5th floor, Quebec City, Quebec, G1S 4X9; PERRET, Didier, Centre géoscientifique de Québec, 2535, boul. Laurier, C.P. 7500, Sainte-Foy, Quebec, G1V 4C7, D'ASTOUS, Jacques. Ministère des transports du Québec, Geotechnical and Geology Service, 930, Chemin Ste-Foy, 5th floor, Quebec City, Quebec, G1S 4X9

Most of the landslides that occurred during the torrential rainfalls of July 1996 in the Saguenay affected slopes which did not erode at their base. The clayey soils of this region are generally stratified, super-consolidated and highly resistant to shearing. Many slopes considered stable by the standard stability calculation shore at the surface to varying depths. Retroactive analyses show that defining the hydraulic conditions of a slope and identifying mechanical soil properties are difficult tasks. In this regard, we must clearly identify the stratigraphy and thickness of the clayey surface crust, since thickness seems to have controlled the behaviour of many slopes during the torrential downpour.

ROCKFALLS DURING THE SAGUENAY FLOOD

DROLET, André. Ministère des transports du Québec, Geotechnical and Geology Service, 930, chemin Ste-Foy, 5th floor, Quebec City, Quebec, G1S 4X9, adrolet@mtq.gouv.qc.ca

During the sadly infamous deluge in the Saguenay on July 19 and 20, 1996, we saw many rockfalls occurring in a mountainous region. In these locations, heavy rains had saturated the soil (silt, sand, gravel and boulders) to a depth of one or two metres atop the bedrock (gneiss granite) on sloped flanks of 25- to 45- degrees. These saturated soils spilled down the slopes carrying the topsoil and trees with them. Five (5) of these detritus falls affected the road system, including three on highway 169, one on highway 170 and another on highway 172. The Geotechnical and Geological Service of Transports-Québec used the CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) software to perform simulations. Given the ever-present danger at the three Highway 169 sites, we had to install a Geobrugg catchment system (metal cable fence). This was the first time that Transports-Québec used this European-designed system in Quebec.

SEDIMINARY SUPPLY IN THE SAGUENAY FJORD: EFFECTS OF ENVIRONMENTAL PERTURBATION ON THE COMPOSITION AND EVOLUTION OF MACROBENTHIC POPULATIONS

NOZAIS, Christian and DESROSIERS, Gaston. Coastal Environment Research Group, Oceanography Department, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski, Quebec, G5L 3A1, Christian_Nozais@uqar.uquebec.ca

The flash floods that descended on in the Saguenay/Lac-St-Jean Region in July 1996 led to a sudden and extensive supply of land-sourced sediment, especially in the Baie des Ha! Ha! and the Saguenay fjord. These supplies caused the abrupt burial of all biological components of the benthic ecosystem, triggering a loss of biodiversity. A long-interval (one year) monitoring program was developed to understand the benthic ecosystem re-colonisation process by macrofauna. The campaign launched in September 1996 involved 16 stations spread out between the Baie des Ha! Ha! and the Saguenay fjord. Two (2) of the 11 sampling stations in the Baie des Ha! Ha! (located on the flood rivers) were characterised by the total absence of macrobenthic organisms. At the 14 other stations, densities never exceeded more than 49 specimens/600 cm^2. The Annelid Polychetes dominated 11 of the 14 other stations, while molluscs comprised a majority at only one of the stations located in the fjord. Nine families of Polychetes were present, with Cirratulidae, Lumbrineridae and Maldanidae apparently the most prevalent at all of the stations. An analysis by whole-relation groupings reveals the combination at certain stations. Stations 2, 3, 5 and 6, located on one of the flood rivers, form a very distinct group compared to stations 7, 9, 10 and 12 located at the Baie des Ha! Ha! outlet. The first group represents stations severely affected by sedimentary supply, while the second consists of stations less affected by such supply. The second campaign mounted in August 1997 under the monitoring program involved a total of 9 stations. The preliminary results suggest a major influx of one Macoma-genre bivalve at some of the stations. The Macoma genre is usually considered an early coloniser of anoxic zones. The results obtained during the two monitoring station campaigns will be discussed in terms of the macrobenthic re-colonisation process in a deepwater ecosystem.

IMPACT OF THE JULY 1996 FLOOD ON BENTHIC MEIOFAUNA IN THE SAGUENAY FJORD

TITA, G., and DESROSIERS, G. Department of Oceanography, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski, Quebec, G5L 3A1

In May 1996, samples were taken at three stations in the upper Saguenay fjord basin for a study of benthic meiofauna: Stn. A (outlet of Baie des Ha!Ha!), Stn. B (St-Rose-du-Nord), Stn. C (Cap Trinité). The data obtained are used here as a reference for a study of the impact of the July 1996 flood on meiofauna in the fjord and its recolonisation process. For the latter two studies, two oceanographic missions were performed (September 1996 and August 1997). During these two missions, 5 stations were sampled: Stn 2, 7, 9 (in the Baie des Ha! Ha!), Stn 13 (in of the Baie des Ha! Ha!), Stn. 13 (outlet of the Baie des Ha! Ha!), Stn. 18 (between St-Rose-du-Nord and Cap Trinité). The purpose of the first mission was to assess the impact of a large layer of

terrigenic sediment deposited in the Baie des Ha! Ha! and in the upstream portion of the upper fjord basin. The impact was especially severe in the Baie des Ha! Ha! (Stn. 2, 7, 9). Here, meiofauna densities fell drastically by more than 97% (T-test: $P<0.01$). At the Baie des Ha! Ha! outlet (Stn. 13), the reduction was lower (90%) but nonetheless significant (T-test: $P<0.05$). At Stations 2, 7, 9 and 13, two meiofauna groups disappeared (ostracodes and kinorhynches). At Station 18, although only a very fine layer of sediment (<1 mm) barely noticeable to the naked eye was deposited, total meiofauna density fell significantly by 55% (T-test: $P<0.05$). This decrease results from a sharp decline in nematode densities (T-test: $P<0.05$) and the absence of nauplii. The latter were also missing from the four other stations. At Station 18, it seems likely that the perturbation was of a chemical nature. Traces of hydrocarbons visible to the naked eye were observed in the sediment of this station. The second mission (August 1997) allowed us to begin a study of recolonistion in the affected areas. Generally, we can already observe that meiofauna densities in the Baie des Ha! Ha! and at its outlet are significantly higher (T-test: $P<0.05$). However, they still remain significantly lower than those observed prior to the flood (T-test: $P<0.05$). At Station 18, meiofauna densities did not differ significantly from those present prior to the flood. At all of the stations, nauplii had reappeared.

MICROPALEONTOLOGICAL AND GEOCHEMICAL TRACERS OF RECENT ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE SAGUENAY FJORD

DEVILLERS, R., LOUCHEUR, V., MARMEN, S., BERTINI, A., BIANCHI, A., DE VERNAL, A., HILLAIRE-MARCEL, C., BILODEAU, G., LEDUC, J. and SAINT-ONGE, G.
GEOTOP, Université du Québec à Montréal, P.O. Box 8888, Montreal, Quebec, H3C 3P8, c3470@er.uqam.ca

Microflora (diatoma, pollen, dinocysts, etc.), microfauna (foraminifera, thecamoebae) and geochemical (organic and inorganic carbon; d15N and d13C of organic matter) analyses were performed on surface sediment samples and on a core from the upper Saguenay basin to retrace environmental changes. The core, extracted by gravity from the centre of the basin (MB-97-12TWC; 48°21.76'N-70°23.72'; 270 m; cf. Sag Site-30), includes a sequence almost 3 metres thick. Generally, in the surface sediments and in the MB-97-12TWC core, micropaleontological biomarkers and tracers reveal an epicontinental deposit environment dominated by terrestrial supplies. The 13C readings of organic matter are lower than -25.5 %, and 15N readings range between 4.4 and 5.5 %. Among the organic membrane microfossils, we find grains of pollen and Pteridophyta spores most frequently (105-106/cm^3) while marine aquatic microfossils (dinoflagellate cysts and organic foraminifera networks) are rare. Carbonated marine microfossils (coccolitha, foraminifera) are sometimes present. Microfauna is not abundant (0-3 tests/cm^3) and consists primarily of agglutinate-test benthic foraminifera. Diatoma are extremely abundant and present in concentrations of about 109 valves/cm^3. In the MB-97-12TWC core sample, the lower portion (under 80 cm in depth) is characterised by a particularly pronounced terrigenic signature: 13C and 15N readings are less than -26.5% and 4.6% respectively, C/N ratios are approximately 25, pennala diatoma are relatively more widespread and foraminifera are exceptionally rare (<1 test/cm^3). Also, between 120 and 80 cm deep, we record minimum 13C readings and microfossil concentrations, as well as a high degree of fragmentation (>60%) in diatoma, indicating high detrital supplies, a turbulent environment or sedimentary alteration. The base of the core,

especially the interval between 80 and 120 cm, therefore includes singular sediments. From a regional stratigraphic standpoint, this may reflect the deposits resulting from the earthquake of 1663 (cf. Syvitski and Schafer, Sed. Geol. 104: 127-153, 1996).

THORIUM ISOTOPE SYSTEMATICS IN BOX CORED SEDIMENTS FROM THE OUTLET OF THE BAIE DES HA! HA!, SAGUENAY FJORD (EASTERN CANADA)

SAVARD, J., GHALEB, B., ZHANG, D. and HILLAIRE-MARCEL, C. GEOTOP, Université du Québec à Montréal, P.O. Box 8888, Centre-ville, Montréal (QC) H3C 3P8

Box coring of the Saguenay fjord sediment at the outlet of the Baie des Ha! Ha! (48°21.74 N; 70°42.30 W; water depth 233 m) allowed the recovery of a 53 cm sequence. The top of the sequence includes a ~ 10 cm-thick layer which was deposited during the 1996 flood. Multi-sensor tracking examination of the core suggests a very energetic sedimentary environment, with some cyclic trends at the base of the sequence. Twelve 0.5 cm-thick sub-samples were selected for Th isotope measurements on unspiked samples using a-spectrometry technique. The 230Th/232Th activity ratios are relatively constant. The observed mean value (0.56 ±0.02) characterises eastern Canadian shield derived supplies. It indicates here minimum changes in sources and grain size of recent detrital supplies, including those of the 1996 flood. The 228Th/232Th ratios show large fluctuations between a maximum value of 1.25±0.03 at top, and a minimum value of 0.85± 0.02 at about 15 cm below surface. In the overlying water column, a 228Th/232Th ratio of 1.53±0.04 was measured on suspended particulate matter (SPM). The lower value at box-core top may simply be due to fast mixing of fresh SPM with (i) older sediment from downcore, and/or (ii) a sediment transported through the nepheloid layer and showing a lesser excess in 228Th (vs 232Th), adding to some 228Th-excess decay. Nevertheless, the large 228Th/232Th ratio variations observed downcore will help to constrain biological mixing of the sediment, through time, when re-sampling the site in forthcoming years. Due to the fact that the deficit in 228Th (vs 232Th) in the subsurface of the core could be due to 228Ra deficits in the incoming sediment, the 228Th/232Th profile is likely to evolve at a time scale based on the half lives of the two radio-isotopes involved (i.e., 228Ra ~ 6 yr and 228Th ~ 2 yr).

THE SAGUENAY FLOOD: GEOCHEMICAL EVOLUTION OF SEDIMENT IN THE BAIE DES HA! HA! (SAGUENAY FJORD)

DEFLANDRE, Bruno and GAGNÉ, Jean-Pierre. Laboratoire d'Analyses et d'Études en Géochimie Organique (LAEGO), Groupe de Recherche en Environnement Côtier (GREC), Oceanography Department, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski (QC), G5L 3A1, bruno_deflandre@uqar.uquebec.ca, jean-pierre_gagne@uqar.uquebec.ca

Historically, the Saguenay fjord is a region known for the severe contamination of its surface sediments. This contamination primarily results from urbanisation and industrial development. In the 1980s, a general breakthrough in awareness led to improvements in the quality of surface sediment in the Saguenay fjord. In July 1996, the Saguenay region experienced torrential rains that triggered flash flooding in many of the rivers along the Saguenay fjord. Portions of the Baie

des Ha! Ha! and the Bras Nord of the Saguenay fjord received significant new deposits of sediment that covered the existing sediments. Our work, which began a month after the flood and will continue for the next two years, currently enables us to assess the geochemical evolution of the new, emerging environment. The parameters measured include porosity, salinity, redox potential, the elementary C/N ratio, the C%, and the percentage of dissolved organic carbon and chlorophyll A. They reveal a major perturbation of the sedimentary column. We observed strong vertical and horizontal gradients for these parameters one month after the supply of new sediment in the Baie des Ha! Ha!. Temporal monitoring of this event shows that the geochemical changes in the sedimentary column have diminished, but remain visible. The geochemical tracers measured allows us to specify the thickness of the layer of new sediment. An analysis of aliphatic hydrocarbons shows that the new layer of sediment is not contaminated. However, saline anomalies were observed in the interstitial waters, suggesting the movement of organic matter and associated substances, which could lead to the remobilization of buried organic and inorganic contaminants. We discuss the geochemical impact of the July 1996 flood on the sedimentary column primarily in terms of the transformation of organic matter and what will become of the associated contaminants. Our interpretation is based on the historical context of synsedimentary changes specific to Saguenay fjord sediment.

BUTYLTIN CONTAMINATION IN THE FJORD

ROBILLARD, Sophie. Département d'océanographie, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Quebec, G5L 3A1, Sophie_robillard@uqar.uquebec.ca, PELLETIER, Émilien, Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Océanologie), 310 allée des Ursulines, Rimouski, Quebec, G5L 3A1, SAINT-LOUIS, Richard. Pavlova Océanologie, 981 de la Pointe, Pointe-au-Père, Quebec, G5M 1N7

Despite the many studies already conducted on contamination of the Saguenay fjord, some aspects of this contamination still escape us. In the late 1970s, new anti-stain paints for ship hulls were marketed throughout the world both for large merchant and military ships and small pleasure craft. These paints were designed to reduce crusting caused by marine organisms that attach to a ship's hull after extended periods in the water; it contains a toxic ingredient called tributyltin (TBT). This compound disperses in marine waters and today constitutes one of the most hazardous toxic substances ever introduced into the marine environment. Every year, several dozen large merchant ships arrive in the Saguenay fjord bringing butyltin contamination with them. Preliminary research reveals the presence of TBT and its derivative compounds in the fjord's sediments in concentrations ranging from 10 to 30 ng Sn/g sec. Compared to certain port areas in Canada and Europe, these readings are low but nevertheless far higher than amounts observed in Gulf of St. Lawrence sediment. As in other cases of contamination, the fjord's deep basin acts as a retention and sedimentation basins for particulate that takes on contaminants upstream of the Saguenay river or from the surface layer of the fjord. With all of the new data gathered on the Saguenay sediments and organisms, we can develop a new digital model to explain and predict the circulation of butyltin and what becomes of it in a coastal environment. Lastly, we would note that TBT like other contaminants can be used as a tracer to study the possible remobilisation of pollutants in the Baie des Ha! Ha! following the 1996 flood since the

mud supplied by flooding rivers obviously contained no butyltin, a substance used only in marine paints and to manufacture PVC plastics.

COMPARISON OF CROSSED ARRAY SYSTEM SURVEYS IN 1993 AND 1997 IN THE UPSTREAM AREA OF THE SAGUENAY FJORD: PRELIMINARY ANALYSIS OF THE 1996 LAYER AND GEOMORPHIC FACTORS

LOCAT, Jacques. Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval, Sainte-Foy, Quebec, G1K 7P4, locat@ggl.ulaval.ca, KAMMERER, Édouard (UNB); DOUCET, Normand (IML); HUGHES-CLARKE, John (UNB), MAYER, Larry (UNB); MAURICE, France (U. Laval), BOULANGER, Éric (U. Laval) and SIMPKIN, Peter (INRS).

The Institut Maurice Lamontagne in Mont-Joli has been conducting surveys since 1993. In the beginning, the Saguenay fjord was used to develop the method and adapt this technology to the needs of the Canadian Hydrographic Service. Using the SIMRAD EM 1000 probe, this method produces bathymetric maps accurate from 10 to 20 cm in waters 200 m deep. Readings are taken at a top speed of 14 knots. In addition to the probe data, corrected for a variety of dynamic parameters (rolling, pitching, etc.), the various differential geographic positions are continuously recorded during the readings, with a spatial resolution of less than 1 m. In 1993, it took 14 days to cover the sector and in 1997, only 4 days. The main purpose of the 1997 coverage was to analyse the signature of the sedimentary layer deposited abruptly during the 1996 flood. The aim was to see whether this survey technique could be used to map the distribution of the 1996 layer and monitor its evolution in terms of sedimentary movement or density changes. A comparison of the two readings shows a "build-up" in the Mars and Ha! Ha! river deltas. Overall, the remainder of the sector displays no significant changes in bathymetric variation. We would point out that the 1996 layer varies from 10 to 50 cm in thickness, and is spread evenly from the deltas to the mouth of the Baie des Ha!Ha!. However, back-scatter data from the emitted signal provides a very different image. The 1996 layer being very soft and engorged with water, the return signal is altered (dark patches), which raises the possibility of locating areas covered with a layer of fine sediment using these patches. The superposition of granulometric data and water content (or density) data support the mapping performed using 1997 readings. The 1997 readings also confirm the presence of specific morphological structures, such as an erosion mound and a terrace or shelf of still uncertain origin (erosion or tectonic). A description of these latter elements is supported by seismic reflection readings (SEISTEK).

STRUCTURE OF A DEPOSIT SEQUENCE ANALYSED BY TOMODENSITOMETRY – EXAMPLE OF THE SEQUENCE CREATED FOLLOWING THE 1996 FLOODS

CRÉMER, Jean-François, and LONG, Bernard F. Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Océanologie), Rimouski, QC, G5L 3A1 jean-francois_cremer@uqar.uquebec.ca; LOCAT, Jacques, Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval, Sainte-Foy, Quebec, G1K 7P4

Following the 1996 floods, a large amount of sediment from the watersheds adjoining the Saguenay fjord entered the Baie des Ha! Ha! and the Bras Nord. To characterise these deposits according to their supply and remobilisation potential, a series of core samples was taken in the region using either a 70 cm deep box core or a gravity core three metres deep during a mission in July 1997. These samples were analysed with the axial tomodensitometer of the Centre Hospitalier Régional de Rimouski (GE model B7590k Hi Speed CT/i). The use of helicoidal axial tomodensitometry in geology allows us to study a sample without destroying it and qualitatively and quantitatively evaluate its means of insertion, sediment density, granulometry and compaction. Length-wise and cross-section scans can be quickly performed at a series of chosen angles. The very high-density resolution of this device and the computer processing of images also reveals sedimentary structures that might escape notice using conventional methods. Studies of Saguenay samples have revealed various types of facies characteristic of this supply method. Slide facies are most common and can be divided into massive, apparently or actually unstratified, layered sub-layers interlaced with a mixture (containing boulders, clay pebbles and other coarse-grained materials in a non-layered matrix) and small landslide debris. This horizon, less than 40 cm thick, contrasts with older deposits which are generally of the gravity type. One year after implementing this horizon, no altered surface structure was detected in the top part of the core. Nevertheless, it will have to be analysed in detail to be compared with next year's sample during the new sampling campaign, in order to check whether a partial remobilisation could occur either under the effect of hydrodynamic conditions or the influence of bioturbation, which should increase with re-colonisation of the site.

CONSOLIDATION OF THE 1996 LAYER COVERING CONTAMINATED SEDIMENT IN THE BAIE DES HA! HA! SECTOR (SAGUENAY FJORD), QUEBEC: PRELIMINARY DATA

MAURICE, France, and LOCAT, Jacques, Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, fmaurice@ggl.ulaval.ca, LEROUEIL, Serge, GALVEZ-CLOUTIER, Rosa, Department of Civil Engineering, Université Laval; and THERRIEN, René. Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval

During the summer of 1997, more than 60 surface samples were collected upstream of the Saguenay fjord, particularly from the Baie des Ha! Ha!. Some samples were also gathered using a box core device. The following tests were performed on these samples: granulometry, liquid and plastic limits, water content, intact shear resistance (boxed core samples) and altered shear resistance. Based on these various analyses, two integrated samples were prepared. These samples were homogenised and placed in SEDCON cells to initially monitor the sedimentation

phase and the consolidation phase. Both SEDCON tests provided an reference curve applicable to a case of rapid supply (e.g., turbidity or mud slide). These curves can therefore be used to compare the current consolidation of sediment assessed on the basis of various liquidity index profiles obtained from boxed core samples to the SEDCON curves. For example, the 22 cm 1996 layer observable at the centre of the Baie des Ha! Ha!, exhibits the typical liquidity index profile of a normally consolidated sediment but one that was deposited quickly and non-bioturbed: value that regularly falls from 4.0 to 3.0. The in situ profile of shear resistance in the 1996 layer is also typical of a non-bioturbed sediment with an even increase depending on depth. As soon as we encounter the bioturbed layer, the variations are visibly more uneven. This data will serve as a reference for changes observed in years to come. The same SEDCON curves can also be used to forecast changes in the vacuum index following burial. The basic test makes it possible to simulate a burial of 10 metres which, at a sedimentation rate of approximately 1 to 10 mm per year, would reflect a period of time amounting to 10,000 or 1,000 years.

POST-FLOOD RECONSTRUCTION PLANNING AND MANAGEMENT IN THE SAGUENAY

PROULX, Marc-Urbain, Université du Québec à Chicoutimi, 555, boul. de l'Université, Chicoutimi (QC) G7H 2B1

There is no official planning or management procedure directly applicable to natural disasters. However, stability being a model of the past, planing theory increasingly views a state of turmoil as the major characteristic of the environment in which the planned object is to be placed. The appropriate techniques exist within the major components of planning. These techniques have been tested and enriched with each experiment, especially those concerning a state of turmoil such as that caused by natural disasters. This paper analyses the experience of reconstruction planning and management following the Saguenay flood. We begin by illustrating the land management and social and economic issues raised by planning activities performed prior to the flood in this region. Next, we will see how decision-makers used the planning process first to manage the crisis and then to reconstruct after the flood. A description of the reconstruction work is given using an inventory of the actions taken. Lastly, our analysis will allow us to visualise how planning components were tangibly applied to the case presented. Special attention will be given to economic development factors. A few lessons will be inferred from our analysis.

MAJOR FEATURES OF THE FLOOD RESEARCH PROGRAM (GRIR, UQAC)

GAGNON, Christiane, Department of the Humanities, Groupe de recherche et d'interventions régionales, Université du Québec à Chicoutimi, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi, Quebec, G7H 2B1, Christiane_Gagnon@uqac.uquebec.ca

Confronted with the major social, ecological or economical issues involved in last summer's flooding, a multidisciplinary team of researchers from the Université du Québec à Chicoutimi took the initiative to establish a research program on the causes and effects of a disaster like the July 1996 flood. This innovative research program is intended to be multidisciplinary and results from a spontaneous process of co-operation with other academic institutions and the regional community. The primary objective of the program is three-fold: 1) to understand the overall causes and effects of this natural disaster; 2) to draw practical, concrete lessons for all of the social stakeholders involved, whether decision makers, workers or the communities affected; 3) to identify factors that can be generalised to other situations for more effective forecasting, planning, decisions, remedial action, and impact monitoring.

EMERGENCY PREPAREDNESS LESSONS LEARNED AND STILL TO BE LEARNED FROM THE SAGUENAY DISASTER

PAUCHANT, Thierry C., Hautes Études Commerciales, 3000, chemin de la côte Ste-Catherine, Montréal, Quebec, H3T 2A7, pauchant@hec.ca, CAZALIS, Pierre, École Nationale d'Administration Publique, 555, boul. Charest est, Quebec, Quebec, G1K 9E5, PARENT, Daniel, Hautes Études Commerciales, 3000, chemin de la côte Ste-Catherine, Montreal, Quebec, H3T 2A7

The authors of this paper describe the lessons learned and not yet learned from the Saguenay disaster in terms of emergency preparedness in Quebec and in Canada. This assessment is based on the recommendations put forward in the evaluation report on administrative action taken during the disaster (the "Cazalis Report") and on dam safety (the "Nicolet Report"). In conclusion, the authors stress the urgency of developing an "emergency preparedness culture" in Quebec and in Canada.

RIVIERE DES HA! HA!, EPICENTRE OF THE FLOOD: GEOTECHNICAL FACTORS

VALLÉE, Jean, Department of Applied Science, Université de Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Quebec, G7H 2B1, jvallee@uqac.uquebec.ca

This paper describes the most perturbed river in the Saguenay region during the 1996 flood. The overtopping of an earthfill dyke and two small concrete dams, a major avulsion, erosion and the significant conveyance of sediment, widening and straightening of the riverbed are described from a geotechnical standpoint. A new mapping of old landslides in the area downstream of the river provides an understanding of their effects on the river's bed. Different portions of this river

are synthetically presented using a computer technique (chromostereography), a new tool for visualising land in three-dimensions and of interest to many disciplines.

PARTICULATE AND COLLOIDAL + DISSOLVED SPECIES WITHIN THE WATER COLUMN OF THE SAGUENAY FJORD: PERTURBATIONS?

ALPAY, S., and MUCCI, A., Earth and Planetary Sciences, McGill University, 3450 University, Montréal QC, H3A 2A7, salpay@geosci.lan.mcgill.ca, HILLAIRE-MARCEL, C., Département des Sciences de la Terre, GEOTOP, Université du Québec à Montreal, Montréal, QC, H3C 3P8

Anthropogenic and natural trace metals are removed from the water column by several possible pathways that include direct adsorption onto particulate matter and "colloidal pumping". These natural contaminant remediation schemes may become so efficient that trace metal concentrations in the underlying sediment become anomalously elevated. To characterise the nature and sources of adsorbates and substrates, temporal and spatial distributions of particulate and colloidal + dissolved species were measured within the freshwater lens, at the thermohalocline, and in the fully oxygenated marine water column at four stations along the main axis of the Saguenay fjord (Quebec, Canada). The pre-determined sampling schedule included measurements before and after the flood event of June 1996. Perturbations within the water column at the monitoring stations within the sampling time interval before and after the flood cannot be uniquely ascribed to the flood disaster. Preliminary results of the overall study (May 1996 to present) suggest the predominance of colloidal material at the thermohalocline that coincides with the turbidity maximum. Results of parallel and sequential filtrations on polycarbonate membranes (0.4, 0.1, 0.05 and 0.03 mm) reveal no difference in "dissolved" organic carbon, As, Si, and Al concentrations. If there is a distinct colloidal metal pool, then it would appear that filtration on polycarbonate membranes is an inadequate isolation technique. The total (unfiltered) concentrations of As and Si and their colloidal + dissolved concentrations (<0.4 mm) are nearly identical throughout the water column. Colloidal + dissolved As concentrations appear to behave conservatively along the salinity gradient. In each size fraction, Si concentrations display maximum values in the surface freshwater, intermediate values at the thermohalocline and minimum values in the underlying marine water. Al concentrations show a similar distribution with water depth, but the total (unfiltered) concentrations exceed the colloidal + dissolved concentrations by one order of magnitude. Additional riverine analyses suggest that spillage or air fall of particulate Al from aluminium smelting operations upstream may provide a substrate for adsorption of trace metals within the fjord. Evidence from analyses of C:N, d13C (from material collected on glass fibre filters), and 234Th (from particle concentration by cross-flow ultrafiltration) suggests that the composition and residence times of particulate matter vary both temporally and spatially.

USE OF PIEZOCONE DURING THE JULY 1996 FLOOD IN THE SAGUENAY

BOUCHARD, Régis. PDG Techmat Inc., 3306, boul. St-François, Jonquière, Quebec, G7X 2W9, bouchardr@techmat.qc.ca

The torrential rains of July 19 and 20, 1996, and the resulting floods, left their mark on the topography of the shores of the Saguenay's major rivers. The quick drainage of many artificial reservoirs and the river bed erosion and shoreline erosion caused by the strong currents sculpted almost vertical cliffs in the silt deposits along these waterways. The impact of the phenomena generated by the rain therefore had major consequences for natural soils and human structures. The rebuilding of roads, bridges, dams and the stabilisation of weak slopes demanded many investigative campaigns. In carrying out these campaigns, the use of piezocone made it possible to characterise the soils encountered quickly and efficiently. The presentation provides a brief description of the geological background of soil in the Saguenay followed by a few examples of popularised applications that show the advantages of the investigation technique.

TYPOLOGY OF LANDSLIDES CAUSED BY HEAVY RAINS IN MID-JULY 1996 IN SAGUENAY/LAC SAINT-JEAN, QUEBEC

PERRET, Didier et BÉGIN, Christian. Geological Survey of Canada, GSC-Quebec, Sainte-Foy, QC, G1V 4C7, dperret@gsc.NRCan.gc.ca, DEMERS, Denis. Ministère des transports du Québec, Sainte-Foy, Quebec, G1S 4X9

The torrential rainfall that beat down on the Saguenay and Lac Saint-Jean (Quebec) region from July 19 to 21, 1996 was responsible for more than 1,000 landslides. A photographic interpretation, on a scale of 1:15,000, showed that approximately 90% of landslides occurred outside the alluvial corridors in areas free of fluvial erosion. The most severely affected areas involved marine clay deposits in low-lying areas of the region where local concentrations exceeded one hundred or so movements per km^2. To clarify the failure mechanisms, 267 landslide sites were studied for a detailed geomorphometric ground description. Movements were identified by the general shape of the scar, the distance of upstream and downstream encroachments, the known or suspected depth of the surface failure, and the position of the failure point on the slope. Although many landslides were of a mixed nature, we can nevertheless distinguish among the following four main types: (1) surface failures, where the break point runs more or less parallel to the slope and affects only the ground cover and root zones; (2) shallow flows, most affecting a thickness of material ranging approximately from 1 to 3 or 4 metres and confined to the altered clayey crust; (3) deep, rotational landslides, usually retrogressive, affecting materials at depths of at least 8 metres; and (4) mud slides, much more long than wide, characterised by a failure point located in the upper section of the slope. The geomorphic analysis also shows that shallow failures usually occur on highly convex hillsides, while mud slides affect the face or front of spurs. Finally, the proposed typology was related to the geology and geotechnical properties of the materials in question.

POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER: AFTER THE SAGUENAY FLOOD

FORTIN, Martin. Department of Family Medicine, Université de Québec à Chicoutimi, Chicoutimi Family Medicine Unit, Sagamie Hospital, 305 St-Vallier, Chicoutimi, Quebec, G7H 5H6, mfortin@saglac.qc.ca; AUGER, C., LATOUR, S. and TRUDEL, M., Chicoutimi Family Medicine Unit, Sagamie Hospital, 305 St-Vallier, Chicoutimi, Quebec, G7H 5H6.

Objective: Measure the prevalence of post-traumatic stress disorder and emotional distress three months after the Saguenay flood. *Methodology*: Descriptive study using a telephone questionnaire addressed to a population of disaster victims and a test group. *Location*: the City of Chicoutimi. *Participants*: The consenting adult population of a flooded neighbourhood (n=62) and a randomly selected, voluntary test group among the population of a neighbouring area (n=79). Principal measurements of findings: Positivity for diagnostic criteria for post-traumatic stress disorder and a high score on the emotional distress questionnaire. *Findings*: The population and the test groups were socio-demographically comparable. A post-traumatic stress prevalence of almost 20% was found for the disaster victim group, representing a ratio score of 6.08 (IC95%: 1.63; 22.64). Emotional distress was present among 29% of disaster victims for a ratio score of 2.42 (IC95%: 1.04 ; 5.61). The questionnaires used were translations and adaptations of the "PTSD Reaction Index" and the "Self Reporting Questionnaire". *Conclusion*: The Saguenay flood generated psychological after-effects that were measurable three months later. Health workers must be informed of the psychological effects of natural disasters in Quebec.

ANALYSIS OF THE RIVIÈRE CHICOUTIMI FLOOD AND ITS GEOMORPHIC EFFECTS

HENICHE, Mourad, LECLERC, Michel, SECRETAN, Yves, and BOUDREAU, Paul, Institut national de la recherche scientifique - Eau (INRS-Eau), P.O. Box 7500 Sainte-Foy, Quebec, G1V 4C7, Mourad_Heniche@inrs-eau.uquebec.ca, LAPOINTE, Michel, Department of Geography, McGill University, 805 Sherbrooke St. West, Montreal, Quebec, H3A 2K6

During events in the Saguenay in July 1996, the overabundance of rainfall and runoff in the watershed saturated the water regulation capacity of the Lac Kenogami reservoir upstream of the inhabited areas of the Saguenay. A two-dimensional hydrodynamic simulation of the Rivière Chicoutimi flood and an analysis of the morphological changes which affected the reaches of the dam were performed following the incident. The hydrological supply of 2500 m^3/s into the watershed was redistributed between the Rivière Chicoutimi and Rivière aux Sables after laminating at 1800 m^3/s (1100 and 700, respectively). This distribution was significantly affected by upstream catchment facilities (Portage-des-Roches and Pibrac), their natural distribution possibly quite different without the dams. The Rivière Chicoutimi flood largely exceeded the natural hydraulic capacities of the river and the drainage capacities of downstream dams (Chute-Garneau, Pont Arnaud, Elkem Métal and Abitibi-Stone in Chicoutimi). The transitory, hydrodynamic simulations performed with the model make it possible to reconstitute the transfer of floodwaters in the Rivière Chicoutimi. Topographical data on the mean-water bed and the floodplain were gathered from a wide variety of sources (including photogrammetrics) and which

had to be reconciled with a highly advanced hydro-geomatic tool called MODELEUR. At the Chute-Garneau and Pont Arnaud dams, the river's water level overflowed the concrete works and caused a massive incision the of fluvial-marine deposits supporting the dams. This phenomenon is like an avulsion. At Chute Garneau, erosion affected a volume of 147,000 m^3 while the sedimentary figure for Pont Arnaud amounts to 750,000 m^3. It is possible that the natural capacity (pre-dam) of the runoff sections were overloaded, which raises serious doubts concerning the appropriateness of the drainage concept used at the hydroelectric station. Internet address: http://www.inrs-eau.uquebec.ca/saguenay.

PERFORMANCE OF THE SEDIMINTARY LAYER FROM THE 1996 FLOOD COVERING CONTAMINATED SEDIMENT IN THE SAGUENAY FJORD: AN OPPORTUNITY FOR TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

LOCAT, Jacques, Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval, Sainte-Foy, Quebec, G1K 7P4, locat@ggl.ulaval.ca; DESROSIERS, Gaston, (UQAR), DE VERNAL, Anne, (UQAM); GAGNÉ, Jean-Pierre, (UQAR); GALVEZ-CLOUTIER Rosa, (U. Laval); GRATTON, Yves, (INRS), HILL, Philip, (UQAR); HILLAIRE-MARCEL, Claude, (UQAM); LONG, Bernard (INRS); MUCCI, Alphonso, (McGill); PELLETIER, Émilien, (INRS); SIMPKIN, Peter, (INRS); and THERRIEN, René, (U. Laval).

The 1996 Saguenay flood disaster spread more than 6 million tonnes of relatively clean sediment over contaminated sediment in the Baie des Ha! Ha! and the Bras Nord (section upstream of the Saguenay fjord). Preliminary observations show that this layer varies in thickness from 10 to 50 cm. Early after the 1996 flood, a multidisciplinary team gathered to assess from various angles the permanency of this layer and its effectiveness as a geological barrier to the migration of contaminants. This study will require developing tools and methods for assessing the environmental performance of the cover layer, restoring the site and forecasting contaminant movement and the integrity and stability of this layer. Such a problem demanded a research program that carefully integrates various disciplines such as geology, biology, chemistry and hydraulics. Lasting five years, the project created combines researchers from many universities in and outside Quebec. The results of this five-year research project should make it possible to: (1) provide an answer concerning the effectiveness of the cover layer; (2) satisfactorily identify the species living in the fjord that may act as indicators of the site's environmental restoration; (3) develop digital or conceptual models to evaluate and predict the chemical reactions around the edges of the cover layer; (4) provide a digital simulation model for predicting the conveyance of contaminants across the cover layer; (5) show how this layer will resist erosion and earthquakes; and (6) combine these various tools and techniques into an approach useful for planning, developing and predicting the performance of cover layers (natural or artificial) on contaminated sediment. We are using this Symposium to launch the project and present the preliminary results on various aspects of the research program. The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada and Alcan funded this project.

APPENDIX 1

Program of the 1996 Saguenay Flood Symposium
May 20, 1998

Period	Title	Names
1 + 2	Risk management and engineering practice: The Saguenay Case	Roger NICOLET (O.I.Q.)
3	Rivière Chicoutimi : Talk about a flood – A geographic outlook on the overall phenomenon	Gilles H. LEMIEUX (UQAC)
4	Impact of flooding on public health: Survey of the literature and case studies	Gilles LALANDE, Danielle MALTAIS, Suzie ROBICHAUD and Anne SIMARD (UQAC)
5	Fluvial geomorphic effects of the July 1996 flooding, Saquenay Region, Southern Quebec, Canada	D.E. LAWRENCE and G.R. BROOKS (CGC)
6	Saguenay fjord contamination: A summary of current knowledge	Émilien PELLETIER (INRS-Océanologie)
7	Residential flood damage: Lessons from the Saguenay	Michel LECLERC, Joëlle MARION and Mourad HENICHE (INRS-Eau)
8	Reconstruction management following torrential rains in the Saguenay	François MORNEAU (MTQ)
	Lunch	
9	Emergency preparedness lessons learned and still to be learned from the Saguenay disaster	Thierry C. PAUCHANT (HEC), Pierre CAZALIS (ENAP) and Daniel PARENT (HEC)
10	Rivière des Ha! Ha!, epicentre of the flood: Geotechnical factors	Jean VALLÉE (UQAC)
11	Particulate and colloidal + dissolved species within the water column of the Saguenay Fjord: perturbations ?	Salma ALPAY and Alphonso MUCCI (McGill)
12	Use of piezocone during the July 1996 Saguenay flood	Régis BOUCHARD (Techmat)
13	Typology of landslides caused by heavy rains in mid-July 1996 in Saguenay/Lac Saint-Jean, Quebec.	Didier PERRET, Christian BÉGIN, and Denis DEMERS (CGC et MTQ)
14	Post-traumatic stress disorder: After the Saguenay flood	Martin FORTIN, C. AUGER, S. LATOUR and M. TRUDEL (UQAC)
15	Analysis of the Rivière Chicoutimi flood and its geomorphic effects	Mourad HENICHE, Yves SECRETAN, Paul BOUDREAU and Michel LAPOINTE (INRS-Eau)
16	Performance of the sedimentary layer from the 1996 flood covering contaminated sediment in the Saguenay fjord: An opportunity for technological development	Jacques LOCAT (Laval), G. DESROSIERS (UQAR), A. DE VERNAL (UQAM), J.-P. GAGNE (UQAR), R. GALVEZ-CLOUTIER (Laval), Y. GRATTON (INRS), P. HILL (UQAR), C. HILLAIRE-MARCEL (UQAM), B. LONG (INRS), A. MUCCI (McGill), E. PELLETIER (INRS), P. SIMPKIN (INRS) and R. THERRIEN (Laval)

POSTER SESSIONS– POSTERS	
Title	**Names**
Contribution of detailed surficial mapping in the reconnaissance of multi-event landslides in post-glacial marine clays.	S. PARADIS, D. PERRET and C. BÉGIN (CGC)
Impact of the July 1996 flood on benthic meiofauna in the Saguenay fjord	G. TITA and Gaston DESROSIERS (UQAR)
The Saguenay flood: Geochemical evolution of sediment in the Baie des Ha! Ha! (Saguenay fjord)	Bruno DEFLANDRE and Jean-Pierre GAGNÉ (UQAR)
Sedimentary movement in the Saguenay fjord: Effects of environmental perturbation on the composition and evolution of macrobenthic populations	Christian NOZAIS and Gaston DESROSIERS (UAR)
Retrospective analysis of landslides during the torrential rains of July 1996 in the Saguenay	Denis DEMERS, Denis ROBITAILLE, and Didier PERRET (MTQ and CGC)
Rockfalls during the Saguenay flood	André DROLET (MTQ)
Thorium isotope systematics in box cored sediments from the outlet of the Baie des Ha! Ha!, Saguenay Fjord (Eastern Canada)	J. SAVARD, B. GHALEB, D. ZHANG and Claude HILLAIRE-MARCEL (UQAM)
Consolidation of the 1996 layer covering contaminated sediment in the Baie des Ha! Ha! sector (Saguenay fjord) in July 1996, Quebec: preliminary data	France MAURICE, Jacques LOCAT, Serge LEROUEIL, Rosa GALVEZ-CLOUTIER and René THERRIEN (Laval)
Comparison of crossed array system surveys conducted in 1993 and 1997 in the area upstream from the Saguenay fjord: Initial analysis of the 1996 layer and geomorphic factors	Jacques LOCAT, Édouard KAMMERER, Normand DOUCET, John HUGHES-CLARKE, Larry MAYER, France MAURICE, Éric BOULANGER and Peter SIMPKIN (Laval)
Structure of a deposit sequence analysed by tomodensitometry – Example of the sequence created after the 1996 floods	Jean-François CRÉMER, Bernard F. LONG and Jacques LOCAT (INRS-Laval)
Micropaleontological and geochemical tracers of recent environmental changes in the Saguenay fjord	R. DEVILLERS, LOUCHEUR, V., MARMEN, S., BERTINI, A., BIANCHI, A., DE VERNAL, A. and C. HILLAIRE-MARCEL (UQAM)
When a river changes course – Avulsion of the Baie de la Ha! Ha! in July 1996	Michel LAPOINTE, Michel LECLERD, Normand BERGERON and Yves SECRETAN (INRS-Eau)
Post-flood reconstruction planning and management in the Saguenay	Marc-Urbain PROULX (UQAC)
Major features of the flood research program (GRIR, UQAC)	Christiane GAGNON (UQAC)
Butyltin contamination in the fjord	Sophie ROBILLARD, Émilien PELLETIER and Richard SAINT-LOUIS (INRS-Océanologie)

Comptes rendus
du symposium sur

Le Déluge du Saguenay

Sous la direction de

Jacques Locat
Christiane Gagnon
et
Émilien Pelletier

Baie Éternité, fjord du Saguenay, Québec, source: Post

Tenu dans le cadre de

Carrefour

Québec - 1998
Terre

Québec, Canada, 20 mai 1998

Comptes rendus du Symposium sur

Le Déluge du Saguenay

Tenu à Québec, le 20 mai 1998
Dans le cadre du
Carrefour des Sciences de la Terre

Sous la direction de
Jacques Locat, Christiane Gagnon, et Émilien Pelletier

Objectifs

Ce symposium a permis de faire le point sur divers aspects reliés à cet événement catastrophique. Une attention particulière a été accordée à l'intégration d'éléments tels que les impacts humains (avant, pendant et après), les aspects météorologiques, hydrauliques (p. ex. comportement des digues et barrages, érosion), ainsi que l'analyse des risques naturels et de leurs conséquences sur le milieu. On aborde aussi les impacts environnementaux (terrestres et marins) et les aspects liés à la reconstruction et aux re-localisations. Le symposium a permis de réunir les principaux intervenants scientifiques impliqués lors de cet événement, et les chercheurs qui ont déjà commencé à étudier le phénomène sous ses divers aspects. Le symposium devrait déboucher sur des perspectives d'avenir dans le cadre de la Décennie internationale sur la réduction des désastres naturels (DIRDN), afin d'en tirer des leçons et des recommandations tant pour la recherche que pour les gestionnaires du risque.

Parrainage

Le symposium sur le déluge du Saguenay a été parrainée par la Protection civile du Canada, le Ministère des transports du Québec, Patrimoine Canada - Parcs Canada, ainsi que par les compagnies Techmat et Cegertech.

Participation

Le symposium a été inauguré par une présentation de M. Roger Nicolet, président de l'Ordre des ingénieurs du Québec et aussi ancien président de la Commission Nicolet sur le Déluge du Saguenay. Au total, plus de 90 personnes ont participé activement tant à la présentation des conférences, des affiches ainsi qu'à la table ronde qui a clôturé le symposium.

Au total, 30 communications ont été présentées lors du Symposium soit verbalement ou par des affiches. On retrouvera ci-après la liste des divers sujets abordés lors du symposium ainsi que le nom des divers auteurs.

Sommaire des sujets abordés

Un des éléments importants de l'organisation de ce symposium était de rassembler tous les intervenants scientifiques, autant des sciences humaines que des sciences pures et appliquées. Sous cet angle, nous pensons que le symposium fut un vif succès. La nature des discussions de même que l'intensité des échanges lors de la table ronde ont clairement indiqué que cette formule était valable. Malgré les différences dans la provenance et la formation des divers intervenants, le débat fut très profitable pour tous. De plus, les sessions ont été organisées afin de favoriser les interactions (voir le programme du Symposium à l'Annexe 1).

La liste qui suit donne un bon aperçu de la diversité des interventions.

- La gestion des risques et la pratique de l'ingénierie : le cas du Saguenay. (R. Nicolet)
- La rivière Chicoutimi : parlez-moi d'une crue - perspective géographique de l'ensemble du phénomène (G.H. Lemieux)
- Conséquences des inondations sur la santé de la population : recension des écrits et présentation de cas-types (G. Lalande, D. Maltais, S. Robichaud, A. Simard et N. Simard)
- Geomorphic effects of the July 1996 flooding, Saguenay Region, Southern Québec, Canada (D.E. Lawrence et G.R. Brooks)
- Contamination du fjord du Saguenay : un sommaire des connaissances actuelles (E. Pelletier)
- Les dommages résidentiels des inondations-la leçon du Saguenay (M. Leclerc, J. Marion, M. Heniche)
- La gestion de la reconstruction suite aux pluies diluviennes au Saguenay (F. Morneau)
- Contribution of detailed surficial mapping in the reconnaissance of multi-event landslides in postglacial marine clays (S.J. Paradis, D. Perret, C. Bégin)
- Analyse à rebours de deux glissements de terrain survenus lors des pluies diluviennes de juillet 1996 au Saguenay (D. Demers, D. Robitaille, D. Perret, J. D'Astous)
- Coulées de débris rocheux survenues lors du déluge du Saguenay (A. Drolet)
- Apports sédimentaires dans le fjord du Saguenay : Conséquences d'une perturbation environnementale sur la composition et l'évolution des peuplements macrobenthiques (C. Nozais et G. Desrosiers)
- Impact du déluge de juillet 1996 sur la méiofaune benthique du fjord du Saguenay (G. Tita et G. Desrosiers)
- Traceurs micropaléontologiques et géochimiques des changements environnementaux récents dans le fjord du Saguenay (R. Devillers, V. Loucheur, S. Marmen, A. Bertini, A. de Vernal, C. Hillaire-Marcel, G. Bilodeau, J. Leduc et G. St-Onge)
- Thorium isotope systematics in box cored sediments from the outlet of the Baie des Ha! Ha!, Saguenay Fjord (Eastern Canada) (J. Savard, B. Ghaleb, D. Zhang et C. Hillaire-Marcel)
- Le déluge du Saguenay : évolution géochimique des sédiments dans la Baie des Ha! Ha! (Fjord du Saguenay) (B. Deflandre et J.-P. Gagné)

- Contamination du fjord par les butylétains (S. Robillard, E. Pelletier et R. St-Louis)
- Comparaison des sondages multifaisceaux réalisés en 1993 et 1997 dans la partie amont du fjord du Saguenay : analyse préliminaire de la couche de 1996 et d'éléments géomorphologiques (J. Locat, E. Kammerer, N. Doucet, J. Hughes-Clarke, L. Mayer, F. Maurice, E. Boulanger et P. Simpkin)
- Structure d'une séquence de dépôt analysée par tomodensitométrie - exemple de la séquence mise en place après les crues de 1996 (J.-F. Crémer, B. Long et J. Locat)
- Consolidation de la couche 1996 recouvrant les sédiments contaminés du secteur de la Baie des Ha! Ha! en juillet 1996 (F. Maurice, J. Locat, S. Leroueil, R. Glavez-Cloutier et R. Therrien)
- Grands traits du programme de recherche sur l'inondation (GRIR, UQAC) (C. Gagnon)
- Planification et gestion de la reconstruction post-diluvienne au Saguenay (M.-U. Proulx)
- Les leçons apprises et non apprises encore de la catastrophe du Saguenay pour la sécurité civil (T. Pauchant, P. Cazalis et D. Parent)
- La rivière des Ha! Ha!, épicentre du déluge : les aspects géotechniques (J. Vallée)
- Particulate and colloidal + dissolved species within the water column of the Saguenay fjord : perturbations? (S. Alpay, A. Mucci et C. Hillaire-Marcel)
- L'utilisation du piézocône lors de la crue de juillet 1996 au Saguenay (R. Bouchard)
- Typologie des glissements de terrain provoqués par les fortes pluies de la mi-juillet 1996 au Saguenay/Lac St-Jean (D. Perret, C. Bégin et D. Demers)
- L'état de stress post-traumatique : l'après déluge au Saguenay (M. Fortin, C. Auger, S. Latour et M. Trudel)
- Analyse de la crue sur la rivière Chicoutimi et ses conséquences géomorphologiques (M. Heniche, M. Leclerc, Y. Secretan, P. Boudreau et M. Lapointe)
- Performance de la couche de sédiments du déluge de 1996 recouvrant les sédiments contaminés du fjord du Saguenay : une occasion de développement technologique (J. Locat, G. Desrosiers, A. de Vernal, J.-P. Gagné, R. Galvez-Cloutier, Y. Gratton, P. Hill, C. Hillaire-Marcel, B. Long, A. Mucci, E. Pelletier, P. Simpkin et R. Therrien)

Principales leçons

La lecture des résumés fournis ci-après devrait permettre de se faire une bonne idée des principales leçons techniques tirées de cette expérience. Lors des périodes de questions ainsi que lors de la table ronde, plusieurs interventions ont été faites. Voici un sommaire des principaux éléments qui sont ressortis des divers échanges.

- Un des éléments qui ressort de cet exercice est le besoin fondamental de connaissances et d'information et cela tant pour le public que pour les décideurs. Dans son introduction, M. Nicolet a clairement placé le débat dans l'axe de la gestion du risque lequel ne peut se faire adéquatement que par une communication et des échanges fréquents avec les populations impliquées.
- Le drame humain du déluge du Saguenay est peut-être moins évident mais il persiste encore dans le comportement de plusieurs des personnes affectées par l'événement.
- Malgré des conditions difficiles, la reconstruction des infrastructures dans la région du Saguenay s'est effectuée rapidement et sommes toutes harmonieusement.

- Le déluge est sûrement un phénomène exceptionnel, mais le secteur où il s'est produit est celui où on retrouve régulièrement de fortes précipitations.
- Le fjord du Saguenay a subit un impact important par l'apport majeur de nouveaux sédiments. Toutefois, ces derniers pourraient s'avérer bénéfiques en recouvrant une bonne partie des sédiments contaminés présents dans le fjord.
- Favoriser d'autres échanges inter-disciplinaires de ce type.

À la lecture des résumés qui suivent on pourra constater l'ampleur des études et des travaux qui sont en cours dans cette région. Chacun pourra même tirer ses propres leçons. Nous croyons qu'il serait important de revoir la situation dans cette région dans un futur pas trop éloigné (3 à 5 ans).

Remerciements

L'équipe qui a dirigé l'organisation du *Symposium sur le déluge du Saguenay* tient à remercier les divers organismes qui ont soutenu financièrement cette activité. Le soutien financier que nous avons reçu va nous permettre de préparer une publication additionnelle qui va regrouper des contributions plus importantes (résumés longs). Ce document, en préparation, devrait être disponible en 1999. Nous voulons aussi remercier les organisateurs de Québec 1998 – Carrefour des Sciences de la Terre pour nous avoir permis la tenue de ce symposium dans le cadre de leurs activités.

Comptes rendus des participants

LA GESTION DES RISQUES ET LA PRATIQUE DE L'INGENIERIE : LE CAS DU SAGUENAY

NICOLET, Roger, ing, Ordre des ingénieurs du Québec, 2020, rue Université, 18e étage, Montréal, QC, H3A 2A5.

Dans la pratique de leur profession, les ingénieurs sont en contact quotidien avec la technologie et les éléments naturels. Ils sont appelés à en gérer la conjugaison pour le bénéfice de la société. Même si la sécurité absolue est un mythe, l'ingénieur, plus que tout autre professionnel, doit prendre des décisions impliquant un arbitrage entre l'absence de risque et le coût des installations. Le cas du Saguenay illustre que la combinaison d'éléments naturels et de technologies peut conduire à des catastrophes sans précédents si cette synergie n'est pas maîtrisée ou est incomprise et sous estimée. Ce cas d'espèce illustre en outre fort bien qu'il ne suffit pas de déterminer les différentes catégories de risque, mais aussi d'identifier les effets synergiques entre les différents éléments à risque. Des événements à faible probabilité doivent être considérés lorsque les conséquences de défaillances systémiques hypothétiques comprennent la mort des personnes et la destructions massive des biens publics ou privés. Le « déluge du Saguenay » montre, bien sûr, que des mesures de prévention des risques sont nécessaires de façon à mettre l'accent sur la sécurité des communautés et des personnes. Il montre toutefois que les risques encourus par les communautés devraient leur être clairement communiqués et expliqués. La participation des populations concernées est la meilleure garantie que les arbitrages seront compris puis acceptés. Une démarche de vulgarisation prépare en outre à une gestion efficace des crises et de ses séquelles. Dans cette perspective, il est souhaitable d'améliorer grandement la relation entre les autorités publiques, les communautés et les experts. Dans une société de droit comme la nôtre, le cadre juridique revêt une importance primordiale. Une mise à jour de la Loi sur le régime des eaux s'impose.

LA RIVIERE CHICOUTIMI : PARLEZ-MOI D'UNE CRUE, PERSPECTIVE GEOGRAPHIQUE DE L'ENSEMBLE DU PHENOMENE

LEMIEUX, Gilles-H. Laboratoire de Télédétection, Université du Québec à Chicoutimi, 555, boul. de l'Université, Chicoutimi, QC, G7H 2B1, tlemieux@videotron.ca

Causes, conséquences and leçons : Les 19, 20 et 21 juillet 1996, des pluies diluviennes se sont abattues pendant plus de 50 heures sur le grand bassin versant de la réserve faunique des Laurentides au nord de la ville de Québec dans l'est de l'Amérique. Ces pluies ont occasionné, par le gonflement des eaux, la transformation biophysique de forêts, de sols, de nappes d'eau souterraines, de lacs et de rivières et du même coup détruit les structures routières et les établissements urbains situés près des cours d'eau ou sur les plaines d'inondation. Le présent cédérom sur l'analyse de la crue de la rivière Chicoutimi, témoignage bref et sans prétention, amène bien humblement une perspective géographique et historique sur l'ensemble du phénomène afin de remettre l'événement dans son contexte global (temporel et spatial)

nord-américain et aider peut-être à mieux comprendre l'expérience vécue. Ce reportage scientifique permet, en soulignant quelques leçons à tirer de la catastrophe, de mieux l'accepter et de la minimiser à l'avenir.

CONSEQUENCES DES INONDATIONS SUR LA SANTE DE LA POPULATION : RECENSION DES ECRITS ET PRESENTATION DE CAS-TYPES

LALANDE, Gilles, MALTAIS, Danielle, ROBICHAUD, Suzie, SIMARD, Anne et SIMARD, Nathalie. Université du Québec à Chicoutimi, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi, QC, G7H 2B1

Le sinistre de juillet 1996 a affecté bon nombre d'individus. Plus de 16 000 personnes ont été évacuées et 7 000 familles ont vu leur maison ou leur quartier subir des dommages importants. Jusqu'à maintenant, on possède beaucoup d'informations sur les conditions climatiques à l'origine de ce sinistre et sur les conséquences des inondations sur l'aménagement du territoire. Peu de chercheurs québécois se sont toutefois penchés sur les effets que les inondations ont eus sur la santé des sinistrés. Toutefois des chercheurs américains se sont penchés sur les effets de plusieurs types de traumatismes collectifs. Dans ces études, les chercheurs révèlent que la présence de séquelles psychologiques est fréquente chez les populations exposées à des sinistres (Bravo *et al.*, 1990; Green *et al.*, 1992). Certains auteurs ont noté une augmentation de symptômes dépressifs et somatiques, la présence de détresse émotionnelle et une hausse de l'anxiété. Certaines victimes d'inondations, comme celles de Buffalo Creek ont présenté, 14 ans après l'événement, des désordres psychologiques divers : phobies, troubles de panique, agoraphobie. Cette communication vise à présenter de façon succincte les effets que peuvent avoir des inondations sur la santé bio-psychosociale des individus. Les informations que nous présenterons proviennent d'une recension exhaustive de la littérature et de comptes-rendus d'entrevues en profondeur réalisées auprès d'une trentaine de sinistrés regroupés en quatre groupes distincts en fonction des dommages subis à leur demeure (perte totale, dommages majeurs, dommages moyens et dommages mineurs). Les présentateurs feront le lien entre la théorie et la pratique en présentant les similitudes et les différences entre les résultats de la recension des écrits et ceux de l'analyse qualitative des entrevues.

Références

Bravo, M. et al. (1990). "The psychological sequelae of disaster stress prospectively and retrospectively evaluated". American Journal of Community Psychology, 18(5), 661-680.

Green, B.L. et al. (1992). "Chronic posttraumatic stress disorder and diagnostic comorbidity in a disaster sample". Journal of nervous and mental disease, 180(12), 760-766.

FLUVIAL GEOMORPHIC EFFECTS OF THE JULY 1996 FLOODING, SAGUENAY REGION, SOUTHERN QUEBEC, CANADA

LAWRENCE, D.E., and BROOKS, G.R., Geological Survey of Canada, 601 Booth Street, Ottawa, ON, K1A 0E8

On July 18-21,1996, a major storm system stalled over the mouth of the St. Lawrence River and dropped record amounts of rain causing widespread flooding in southern Quebec. Flooding was particularly severe along river systems located south of the Saguenay-Lac Saint Jean area, where in excess of 200 mm of rain fell within a 36-hour period. Flooding along four rivers caused major geomorphic changes, the severity of which varied considerably: from river to river and from reach to reach along individual rivers. Along Rivière aux Sables and Rivière Chicoutimi, the flood waters overtopped a number of small dams causing dramatic, yet localized, lateral bank erosion and incision. Major lateral channel erosion and avulsions occurred along the lower 10 km of Rivière à Mars causing extensive damage within the floodplain and on terraces along the valley bottom. The worst flooding in the region, relative to the size of the drainage basin, occurred along Rivière des Ha! Ha!, where overtopping and erosion of an earthfill dyke caused the rapid drainage of the Lac Ha! Ha! reservoir, compounding the effects of the flooding from the rainstorm. Over a distance of 35 km from Lac Ha! Ha! to the river mouth, flood water ravaged the valley bottom causing moderate to major channel widening and incision along relatively steeply sloped reaches, and major sedimentation (up to several metres) along more gently sloped reaches and at the river mouth. Overall, the July 18-21, 1996 flooding damaged or destroyed infrastructure (bridges, dams and roads) and numerous homes, and seriously impaired a number of major industries, making this one of Canada's most costly natural disasters.

CONTAMINATION DU FJORD DU SAGUENAY : UN SOMMAIRE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

PELLETIER, Émilien. Institut national de la recherche scientifique (INRS-Océanologie), 310 allée des Ursulines, Rimouski. QC, G5L 3A1, emilien_pelletier@uqar.uquebec.ca

La contamination des eaux et des sédiments du fjord du Saguenay a fait l'objet de nombreuses études depuis une trentaine d'années. À la suite de la découverte de concentrations importantes de mercure dans la crevette nordique, Pandalus borealis, au début des années soixante-dix, plusieurs campagnes d'échantillonnage successives menées au départ par Pêches et Océans Canada et l'Université Laval et plus tard par l'Université du Québec à Chicoutimi, le Centre océanographie de Rimouski et l'Université McGill, ont montré la présence dans les sédiments du fjord et dans les organismes qui y vivent non seulement du mercure mais aussi de plusieurs autres métaux traces, comme le cadmium et le zinc. L'application à partir de 1972 d'une législation canadienne plus sévère en matière de rejets industriels en milieu hydrique a eu pour effet direct la réduction très sensible de la contamination par le mercure à partir de 1975, réduction qui a conduit à une diminution importante du mercure dans les crevettes et les autres organismes benthiques au cours des années suivantes. D'autres travaux initiés par l'Université du Québec à Chicoutimi au début des années quatre-vingt et poursuivis ensuite par Pêches et Océans Canada et le Centre océanographique de Rimouski ont permis de mettre en évidence une contamination importante

des sédiments du fjord par de nombreux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont certains ont un potentiel cancérogène. Ces composés ont pour origine la combustion du bois et du pétrole ainsi que certains procédés industriels utilisés dans la région d'Arvida. Tout comme pour le mercure, l'introduction par l'industrie de nouveaux procédés moins polluants au cours des années soixante-dix et quatre-vingt a permis une réduction substantielle de l'apport de ces substances dans le fjord. Enfin, notons que des travaux récents menés conjointement par Pêches et Océans Canada et le Centre océanographique de Rimouski ont permis de déceler la présence de nombreux composés organochlorés (BPC, dioxines, furannes, DDT, DDE, BHC et autres) dans les sédiments et les organismes du fjord. On constate cependant une contamination très faible par ces composés, contamination attribuable surtout aux transport atmosphérique et généralement plus faible que celle de l'estuaire du Saint-Laurent. Les pluies catastrophiques de juillet 1996 ont contribué à l'enfouissement de tous ces contaminants sous plusieurs cm de boue et de sable dans la baie des Ha! Ha! et une partie du bras Nord. Les travaux de recherche en cours permettront de déterminer si cet enfouissement est définitif ou simplement temporaire.

LES DOMMAGES RESIDENTIELS DES INONDATIONS - LA LECON DU SAGUENAY

LECLERC, Michel, MARION, Joëlle, et HENICHE Mourad. Institut national de la recherche scientifique-Eau (INRS-Eau), C.P. 7500 Sainte-Foy (QC), G1V 4C7, Michel_Leclerc@inrs-eau.uquebec.ca

Suite aux crues du Saguenay en juillet 1996, la reconstruction des barrages sur les rivières en aval du lac Kénogami ainsi que l'établissement de plans de gestion des débits et des niveaux d'eau sur ces plans d'eau sont des problématiques qui requièrent la prise en compte des dommages qui pourraient résulter de la réédition de crues extrêmes comme celles de juillet 1996 au Saguenay. Le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec a donc confié à l'INRS-Eau le mandat d'établir pour les rivières Chicoutimi et aux Sables et le lac Kénogami une relation fonctionnelle entre les dommages résidentiels qui seraient causés par différentes crues potentielles, et le débit ou le niveau d'eau de ces événements. L'évaluation des dommages s'est limitée dans un premier temps au parc résidentiel, permanent ou saisonnier. Bien qu'importantes, les autres catégories de dommages comme ceux aux infrastructures ou aux rivières elles-mêmes n'ont pas été prises en considération à cette étape. L'approche appliquée repose sur une définition résidentielle géoréférencée des dommages d'inondation. La variable explicative est la profondeur locale de submersion. Selon le contexte, cette variable est définie par des mesures, ou à l'aide de la modélisation hydrodynamique 2D (modèle HYDROSIM). La topographie des régions inondables a été établie par photogrammétrie et traitée avec le logiciel MODELEUR. Concernant les dommages, les données originales de dédommagement suite au déluge de 1996, et les données d'évaluation municipale pour chaque propriété ont servi de base (variable dépendante) pour établir des relations avec l'hydraulicité. Quatre relations ont été établies entre les dommages d'inondation et la submersion : les groupes de résidences sans et avec sous-sol et ayant une valeur inférieure ou supérieure à 50 000$. Des courbes de dommages résidentiels cumulatifs pour les trois unités hydrographiques ont été élaborées en fonction de leur hydraulicité. Le futur plan de gestion du lac Kénogami peut emprunter différentes logiques de partage évoquées dans cet

article : le statu quo (1/3-2/3) inspiré du plan de gestion actuel, les logiques économique, de l'équité, de l'hydraulicité naturelle, ainsi que celle des limites de conception des ouvrages de génie.

LA GESTION DE LA RECONSTRUCTION SUITE AUX PLUIES DILUVIENNES AU SAGUENAY

MORNEAU, François. Bureau de la reconstruction - Ministère des transports du Québec, 700 boul. René Levesque est, 14e étage, Québec, QC, G1R 5H1, f.morneau @sympatico.ca

Les pluies diluviennes de juillet 1996 ont eu des conséquences désastreuses sur la région du Saguenay Lac-St-Jean et dans le nord-est québécois. Dix personnes ont perdu la vie et 16 000 personnes ont dû être évacuées. La plupart des routes sont devenues impraticables à causes des glissements de terrains, et de l'érosion fluviale. Plusieurs ponts et voies ferrées et digues de barrages ont été détruits par la force des eaux. Plus de 600 maisons ont été détruites et 850 gravement endommagées. Le coût global du sinistre s'élève à plus d'un milliard de dollars. Dans un premier temps, dès les premiers jours suivant les pluies diluviennes, un groupe interministériel a produit un plan d'action visant à établir les lignes directrices de la reconstruction dans les zones dévastées par les rivières. Trois semaines après les pluies, les municipalités et les grandes entreprises ont été conviées à des rencontres où les orientations gouvernementales relativement à la reconstruction leurs étaient présentées. Lors de ces rencontres, différentes cartographies préliminaires des zones dévastées ont été présentées afin de sensibiliser les différents intervenants à ne pas reconstructions dans des zones à risques. La problématique de reconstruire dans des plaines inondables dévastées, marquées par une dynamique fluviale très active, a exigé une mise à jour de la cartographie des "nouvelles" plaines inondables. Au niveau des zones sensibles aux mouvements de sols, des cartographies géotechniques préliminaires ont aussi été rapidement préparées et présentées aux municipalités situées dans des secteurs vulnérables. Suite aux rencontres avec les municipalités, des visites sur le terrain avec les responsables municipaux et une équipe interdisciplinaire gouvernemental ont permis d'établir à maints endroits des scénarios de réaménagement et de reconstruction. Toutefois le long des rivières fortement déstabilisées et notamment au niveau des embouchures, la reconstruction des infrastructures s'avérait extrêmement délicate. Des comités de bassin ont été formés pour les rivières Ha! Ha!, à Mars et St-Jean afin d'établir un diagnostic global et de s'entendre sur les interventions à réaliser. Un programme de restauration des rivières a été mis sur pied dans le but principalement de stabiliser les rives et de redonner un équilibre hydrosédimentologique aux rivières afin d'éviter des opérations récurrentes de dragage aux embouchures. La reconstruction de certaines zones dévastées au Saguenay a constituée une occasion extraordinaire d'expérimenter un nouveau mode de gestion et d'aménagement du territoire où l'interdisciplinarité, le travail d'équipe et les communications publiques étaient requis afin d'établir rapidement des solutions viables et durables pour ces milieux.

CONTRIBUTION OF DETAILED SURFICIAL MAPPING IN THE RECONNAISSANCE OF MULTI-EVENT LANDSLIDES IN POSTGLACIAL MARINE CLAYS

PARADIS, S.J., PERRET, D., and BÉGIN, C. Geological Survey of Canada, Centre géoscientifique de Québec, 2535 boul. Laurier C.P. 7500 Sainte-Foy (QC), G1V 4C7 paradis@gsc.nrcan.gc.ca

Landslides in the Chicoutimi-La Baie area, central Québec, have been mapped at two main scales: a local detailed scale (1:1 000) for urban engineering and geotechnical purposes and a more regional scale (1:50 000) for earth scientists and land use planners. However, systematic surficial mapping using black and white aerial photographs at a scale of 1:15 000 has proven to be a more efficient method to investigate and understand the complex history and distribution of multi-event landslides. These landslides occur in thick marine clays that were deposited in Laflamme Sea between about 10 250 and 8 500 years B.P. Marine regression has left a series of stepped marine terraces at elevations ranging from 160 m down to modern shores of the Saguenay fjord. Detailed cartography shows that the regional scale (kilometric) landslide scars are laterally associated to some marine terraces and that a robust relative chronology can be established for large sets of landslides mainly on the basis of the staircase distribution of multi-scale scars.

ANALYSE A REBOURS DE DEUX GLISSEMENTS DE TERRAIN SURVENUS LORS DES PLUIES DILUVIENNES DE JUILLET 1996 AU SAGUENAY

DEMERS, Denis. Ministère des transports du Québec, Service géotechnique et géologie, 930, Chemin Ste-Foy, 5^{e} étage, Québec, QC, G1S 4X9, ddemers@mtq.gouv.qc.ca; ROBITAILLE, Denis. Ministère des transports du Québec, Service géotechnique et géologie, 930, Chemin Ste-Foy, 5^{e} étage, Québec, QC, G1S 4X9; PERRET, Didier, Centre géoscientifique de Québec, 2535, boul. Laurier, C.P. 7500, Sainte-Foy, QC, G1V 4C7, D'ASTOUS, Jacques. Ministère des transports du Québec, Service géotechnique et géologie, 930, Chemin Ste-Foy, 5^{e} étage, Québec, QC, G1S 4X9

La majorité des glissements de terrain survenus lors des pluies diluviennes de juillet 1996 au Saguenay se sont produits dans des talus qui n'ont pas subi d'érosion à leur base. Les sols argileux de cette région sont généralement stratifiés, très surconsolidés et présentent des résistances au cisaillement élevées. De nombreuses pentes qui auraient été jugées stables selon un calcul de stabilité conventionnel se sont rompus le long de surface situées à des profondeurs variables. Les analyses à rebours montrent que la définition des conditions hydrauliques dans le talus et le choix des propriétés mécaniques des sols sont délicats. À cet effet, il est nécessaire de bien identifier la stratigraphie et l'épaisseur de la croûte argileuse de surface dont l'épaisseur semble avoir contrôlé le comportement de nombreuses pentes lors des pluies diluviennes.

COULEES DE DEBRIS ROCHEUX SURVENUES LORS DU DELUGE DU SAGUENAY

DROLET, André. Ministère des transports du Québec, Service géotechnique et géologie, 930, chemin Ste-Foy, 5e étage, Québec, QC, G1S 4X9, adrolet@mtq.gouv.qc.ca

Lors des tristement célèbres pluies diluviennes survenues au Saguenay les 19 et 20 juillet 1996, on a observé en région montagneuse la formation de nombreuses coulées de débris rocheux. À ces endroits, les fortes pluies ont saturé les sols (silt, sable, gravier et blocs) d'un à deux mètres d'épaisseur qui recouvraient la roche mère (gneiss granitique) sur des flancs de talus dont la pente varie de 25 à 45 degrés. Ces sols saturés ont dévalé la pente entraînant la terre végétale et les arbres sus-jacents. Cinq (5) de ces coulées de débris ont affecté le réseau routier dont trois sur la route 169, une sur la route 170 et une autre sur la route 172. Le Service géotechnique et géologie de Transports-Québec a effectué des simulations au moyen du logiciel d'éboulis rocheux CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program). Devant la menace toujours active que représentaient les trois sites de la route 169, nous avons fait installer un système de captage Geobrugg (clôture en câbles métalliques). C'était la première fois que ce système, d'origine européenne, était utilisé au Québec par Transports-Québec.

APPORTS SEDIMENTAIRES DANS LE FJORD DU SAGUENAY : CONSEQUENCES D'UNE PERTURBATION ENVIRONNEMENTALE SUR LA COMPOSITION ET L'EVOLUTION DES PEUPLEMENTS MACROBENTHIQUES

NOZAIS, Christian et DESROSIERS, Gaston. Groupe de Recherche en Environnement Côtier, Département d'océanographie, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski, QC, G5L 3A1, Christian_Nozais@uqar.uquebec.ca

Les crues soudaines qui ont atteint la région du Saguenay-Lac St-Jean en juillet 1996, ont provoqué des apports sédimentaires d'origine terrestre brusques et importants, en particulier dans la baie des Ha! Ha! et le fjord du Saguenay. Ces apports ont eu pour conséquence un enfouissement brutal de l'ensemble des composantes biologiques de l'écosystème benthique entraînant une perte de la biodiversité. Dans une optique de compréhension des processus de recolonisation de l'écosystème benthique par la macrofaune, un programme de surveillance de stations à de longs intervalles de temps (1 an) a été lancé. La première campagne initiée en septembre 1996 a concerné 16 stations, réparties entre la baie des Ha! Ha! et le fjord du Saguenay. Deux (2) des 11 stations échantillonnées dans la baie des Ha! Ha! (situées dans l'axe des rivières en crues) sont caractérisées par la complète absence d'organismes macrobenthiques. Dans les 14 autres stations, les densités n'atteignent jamais plus de 49 individus/600 cm^2. Les Annélides polychètes dominent dans 11 des 14 autres stations tandis que les Mollusques sont majoritaires à une seule station située dans le fjord. Les polychètes sont représentés par 9 familles parmi lesquelles les Cirratulidae, les Lumbrineridae et les Maldanidae semblent être les plus souvent retrouvées dans l'ensemble des stations. Une analyse par groupements à liens complets permet de mettre en évidence le regroupement de certaines stations. Ainsi, les stations 2, 3, 5 et 6, situées dans l'axe de l'une des rivières en crue, forment un groupe bien distinct de celui composé des stations 7, 9, 10 et 12 localisées à la sortie de la baie des Ha! Ha!. Ce premier groupement rassemble les stations fortement touchées par les apports sédimentaires tandis que le

second groupe est formé de stations moins affectées par ces apports. La seconde campagne réalisée en août 1997 dans le cadre du programme de surveillance a concerné un total de 9 stations. Les premiers résultats suggèrent un important recutement chez un bivalve du genre Macoma à certaines de ces stations. Le genre Macoma est généralement considéré comme colonisateur initial de zones anoxiques. Les résultats obtenus dans le cadre des deux campagnes de surveillance des stations seront discutés en termes de processus de recolonisation macrobenthique de l'écosystème profond.

IMPACT DU DELUGE DE JUILLET 1996 SUR LA MEIOFAUNE BENTHIQUE DU FJORD DU SAGUENAY

TITA, G., et DESROSIERS, G. Département d'océanographie, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski, QC, G5L 3A1

En mai 1996, trois stations ont été échantillonnées dans le bassin supérieur du Fjord du Saguenay pour une étude sur la méiofaune benthique: st. A (sortie de la Baie des Ha! Ha!), st. B (St.-Rose-du-Nord), st. C (Cap Trinité). Les données obtenues sont utilisées ici comme référence pour l'étude de l'impact du déluge de juillet 1996 sur la méiofaune du fjord et de son processus de recolonisation. Pour ces deux dernières études, deux missions océanographiques ont été effectuées (septembre 1996 et août 1997). Pendant ces deux missions, 5 stations ont été échantillonnées: stt. 2, 7, 9 (dans la Baie des Ha! Ha!), st. 13 (sortie de la Baie des Ha! Ha!), st. 18 (entre St.-Rose-du-Nord et Cap Trinité). Le but de la première mission était d'évaluer l'impact du dépôt d'une couche importante de sédiment terrigène dans la Baie des Ha! Ha! et dans la partie en amont du bassin supérieur du fjord. L'impact a été particulièrement sévère dans la Baie des Ha! Ha! (stt. 2, 7, 9). Dans cette zone les densités méiofauniques ont diminué significativement de plus de 97% (T-test: $P<0.01$). À la sortie de la Baie des Ha! Ha! (st. 13) cette réduction était moins forte (90%), mais toujours significative (T-test: $P<0.05$). Aux stations 2, 7, 9 et 13, deux groupes méiofauniques ont disparu (ostracodes et kinorhynches). À la station 18, bien qu'une couche de sédiment très mince (<1 mm) et à peine détectable à l'oeil nu se soit déposée, la densité de la méiofaune totale a diminué significativement de 55% (T-test: $P<0.05$). Cette réduction résulte d'une diminution significative des densités des nématodes (T-test: $P<0.05$) et de l'absence des nauplii. Ces derniers étaient également absents dans les quatre autres stations. Il est probable qu'à la station 18 la perturbation soit de nature chimique. Des traces d'hydrocarbures visibles à l'oeil nu ont en effet été observées dans le sédiment de cette station. La deuxième mission (août 1997) nous a permis de commencer l'étude sur la recolonisation des zones affectées. En générale, nous pouvons dès maintenant observer à l'intérieur la Baie des Ha! Ha! que les densités méiofauniques sont significativement supérieures, de même qu'à la sortie de la baie (T-test: $P<0.05$). Elles demeurent cependant encore significativement inférieures à celles observées avant le déluge (T-test: $P<0.05$). À la station 18, les densités méiofauniques ne diffèrent pas significativement de celles présentes avant le déluge. Dans toutes les stations, les nauplii ont réapparu.

TRACEURS MICROPALEONTOLOGIQUES ET GEOCHIMIQUES DES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX RECENTS DANS LE FJORD DU SAGUENAY

DEVILLERS, R., LOUCHEUR, V., MARMEN, S., BERTINI, A., BIANCHI, A., DE VERNAL, A., HILLAIRE-MARCEL, C., BILODEAU, G., LEDUC, J. et SAINT-ONGE, G. GEOTOP, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Montréal, QC, H3C 3P8, c3470@er.uqam.ca

Des analyses microfloristiques (diatomées, pollen, dinokystes, etc.), microfaunistiques (foraminifères, thécamoebiens) et géochimiques (carbone organique et inorganique; d15N et d13C de la matière organique) ont été réalisées dans des échantillons de sédiment de surface, ainsi que dans une carotte du bassin supérieur du Saguenay afin de retracer les changements environnementaux. La carotte, prélevée par gravité dans le centre du bassin (MB-97-12TWC; 48°21.76'N-70°23.72'; 270 m; cf. Site Sag-30), comprend une séquence de près de 3 mètres d'épaisseur. De façon générale, dans les sédiments de surface et dans la carotte MB-97-12TWC, les biomarqueurs et traceurs micropaléontologiques illustrent un milieu de dépôt épicontinental dominé par des apports terrestres. Les teneurs en 13C de la matière organique sont inférieures à -25.5 %, et les teneurs en 15N s'établissent entre 4.4 et 5.5 %. Parmi les microfossiles à membrane organique, les grains de pollen et spores de Ptéridophytes dominent en effet largement (105-106/cm^3) alors que les microfossiles aquatiques marins (kystes de dinoflagellés et réseaux organiques de foraminifères) sont rares. Des microfossiles marins carbonatés (coccolithes, foraminifères) sont observés de façon occasionnelle. La microfaune est peu abondante (0-3 tests/cm^3) et comprend surtout des foraminifères benthiques à test agglutinant. Les diatomées sont très abondantes et leur concentration est de l'ordre de 109 valves/cm^3. Dans la carotte MB-97-12TWC, la partie inférieure (en dessous de 80 cm de profondeur) se caractérise par une signature terrigène particulièrement marquée: les teneurs en 13C et en 15N sont inférieures à -26.5% et 4.6% respectivement, les rapports C/N y sont d'environ 25, les diatomées pennales y sont relativement plus abondantes et les foraminifères sont très rares (<1 test/cm^3). Par ailleurs, entre 120 et 80 cm de profondeur, on enregistre un minimum des teneurs en 13C et des concentrations de microfossiles ainsi qu'un degré élevé de fragmentation (>60%) des diatomées, indiquant des apports détritiques élevés, un milieu turbulent ou un remaniement sédimentaire. La base de la carotte, et surtout l'intervalle compris entre 80 et 120 cm, renferme donc des sédiments singuliers. Au vu du contexte stratigraphique régional, il pourrait s'agir des dépôts mis en place à la suite du tremblement de terre de 1663 (cf. Syvitski et Schafer, Sed. Geol. 104: 127-153, 1996).

THORIUM ISOTOPE SYSTEMATICS IN BOX CORED SEDIMENTS FROM THE OUTLET OF THE BAIE DES HA! HA!, SAGUENAY FJORD (EASTERN CANADA)

SAVARD, J., GHALEB, B., ZHANG, D. and HILLAIRE-MARCEL, C. GEOTOP, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, succ. Centre-ville, Montréal (QC) H3C 3P8

Box coring of the Saguenay fjord sediment at the outlet of the Baie des Ha! Ha! (48°21.74 N; 70°42.30 W; water depth 233 m) allowed the recovery of a 53 cm sequence. The top of the sequence includes a ~ 10 cm-thick layer which was deposited during the 1996 flood. Multi-

sensor tracking examination of the core suggests a very energetic sedimentary environment, with some cyclic trends at the base of the sequence. Twelve 0.5 cm-thick sub-samples were selected for Th isotope measurements on unspiked samples using a-spectrometry technique. The 230Th/232Th activity ratios are relatively constant. The observed mean value (0.56 ±0.02) characterizes eastern Canadian shield derived supplies. It indicates here minimum changes in sources and grain size of recent detrital supplies, including those of the 1996 flood. The 228Th/232Th ratios show large fluctuations between a maximum value of 1.25±0.03 at top, and a minimum value of 0.85± 0.02 at about 15 cm below surface. In the overlying water column, a 228Th/232Th ratio of 1.53±0.04 was measured on suspended particulate matter (SPM). The lower value at box-core top may simply be due to fast mixing of fresh SPM with (i) older sediment from downcore, and/or (ii) a sediment transported through the nepheloid layer and showing a lesser excess in 228Th (vs 232Th), adding to some 228Th-excess decay. Nevertheless, the large 228Th/232Th ratio variations observed downcore will help to constrain biological mixing of the sediment, through time, when re-sampling the site in forthcoming years. Due to the fact that the deficit in 228Th (vs 232Th) in the subsurface of the core could be due to 228Ra deficits in the incoming sediment, the 228Th/232Th profile is likely to evolve at a time scale based on the half lifes of the two radio-isotopes involved (i.e., 228Ra ~ 6 yr and 228Th ~ 2 yr).

LE DELUGE DU SAGUENAY : EVOLUTION GEOCHIMIQUE DES SEDIMENTS DANS LA BAIE DES HA! HA! (FJORD DU SAGUENAY)

DEFLANDRE, Bruno et GAGNÉ, Jean-Pierre. Laboratoire d'Analyses et d'Études en Géochimie Organique (LAEGO), Groupe de Recherche en Environnement Côtier (GREC), Département d'océanographie, Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski (QC), G5L 3A1, bruno_deflandre@uqar.uquebec.ca, jean-pierre_gagne@uqar.uquebec.ca

Historiquement, le fjord du Saguenay est une région connue pour la forte contamination de ses sédiments de surface. Cette contamination résulte principalement de l'urbanisation et du développement industriel. Dans les années 1980, une prise de conscience générale a conduit à une amélioration de la qualité des sédiments superficielles du fjord du Saguenay. En juillet 1996, la région du Saguenay a connu des pluies diluviennes qui ont entraîné une crue soudaine de nombreuses rivières bordant le fjord du Saguenay. Les secteurs de la baie des Ha! Ha! et du bras Nord du fjord du Saguenay ont reçu, à cette occasion, d'importants dépôts de nouveaux sédiments qui ont recouvert les sédiments déjà en place. Nos travaux, entrepris un mois après le déluge et qui se poursuivront au cours de deux prochaines années, nous permettent actuellement d'évaluer l'évolution géochimique du nouvel environnement qui se développe. Les paramètres mesurés sont la porosité, la salinité, le potentiel redox, le rapport élémentaire C/N, le %C, le carbone organique dissous et la chlorophylle a. Ils révèlent une importante perturbation de la colonne sédimentaire. Nous avons observé de forts gradients verticaux et horizontaux pour ces paramètres un mois après l'apport des nouveaux sédiments dans la baie des Ha! Ha!. Le suivi temporel de cet événement indique que les modifications géochimiques de la colonne sédimentaire se sont amenuisées, mais demeurent toujours visibles. Les traceurs géochimiques mesurés nous permettent de préciser l'épaisseur de la couche de nouveaux sédiments. L'analyse des hydrocarbures aliphatiques indique le caractère non contaminé de la nouvelle couche de sédiment. Par contre, des anomalies de salinité observées dans les eaux interstitielles suggèrent

une mobilité de la matière organique et des substances qui y sont associées, ce qui pourrait entraîner la remobilisation des contaminants organiques et inorganiques enfouis. Nous discutons de l'impact géochimique du déluge de juillet 1996 sur la colonne sédimentaire, principalement au niveau de la transformation de la matière organique et du devenir des contaminants qui lui sont associés. Nous plaçons notre interprétation dans une perspective historique des changements synsédimentaires propres aux sédiments du fjord du Saguenay.

CONTAMINATION DU FJORD PAR LES BUTYLETAINS

ROBILLARD, Sophie. Département d'océanographie, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC, G5L 3A1, Sophie_robillard@uqar.uquebec.ca, PELLETIER, Émilien, Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Océanologie), 310 allée des Ursulines, Rimouski, QC, G5L 3A1, SAINT-LOUIS, Richard. Pavlova Océanologie, 981 de la Pointe, Pointe-au-Père, QC, G5M 1N7

Malgré les nombreuses études déjà menées sur la contamination du fjord du Saguenay certains aspects de cette contamination nous échappent encore. À la fin des années 1970, de nouvelles peintures anti-salissures pour les coques des bateaux ont été mis sur le marché partout dans le monde à la fois pour les grands navires marchands et militaires et les petits embarcations de plaisance. Ces peintures sont destinées à réduire l'encroûtement des coques par les organismes marins qui s'y attachent après un long séjour dans l'eau et contiennent un ingrédient toxique nommé tributylétain (TBT). Ce composé se disperse dans les eaux marines et constitue aujourd'hui l'une des plus dangereuses substances toxiques jamais introduites dans le milieu marin. Le fjord du Saguenay reçoit chaque année plusieurs dizaines de grands navires marchands et n'échappe pas à la contamination par les butylétains. Des travaux encore préliminaires nous montrent la présence du TBT et ces composés dérivés dans les sédiments du fjord à des concentrations variant entre 10 et 30 ng Sn/g sec. Il s'agit d'une contamination faible par rapport à certaines zones portuaires canadiennes et européennes mais déjà bien supérieure à celle observée dans les sédiments de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent. Dans ce cas comme dans d'autres cas de contamination, le bassin profond du fjord agit comme bassin de rétention et de sédimentation du matériel particulaire qui se charge de contaminants en amont dans la rivière Saguenay ou dans la couche de surface du fjord. Avec les toutes nouvelles données acquises sur les sédiments et les organismes du Saguenay, il sera possible de développer un nouveau modèle numérique pour expliquer et prédire la circulation et le devenir des butylétains en milieu côtier. Enfin notons que tout comme certains autres contaminants, le TBT pourra servir de traceur pour étudier la remobilisation possible des polluants dans la baie des Ha! Ha! à la suite du déluge de juillet 1996 puisque la boue apportée par les rivières en crue ne contenait évidemment aucun butylétain, ce composé n'étant utilisé que dans les peintures marines et dans la fabrication des plastiques PVC.

COMPARAISON DES SONDAGES MULTIFAISCEAUX REALISES EN 1993 ET 1997 DANS LA PARTIE AMONT DU FJORD DU SAGUENAY: ANALYSE PRELIMINAIRE DE LA COUCHE DE 1996 ET D'ELEMENTS GEOMORPHOLOGIQUES

LOCAT, Jacques. Département de géologie et génie géologique, Université Laval, Sainte-Foy, Qc, G1K 7P4, locat@ggl.ulaval.ca, KAMMERER, Édouard (UNB); DOUCET, Normand (IML); HUGHES-CLARKE, John (UNB), MAYER, Larry (UNB); MAURICE, France (U. Laval), BOULANGER, Éric (U. Laval) et SIMPKIN, Peter (INRS).

L'Institut Maurice Lamontagne de Mont-Joli a introduit les sondages multifaisceaux depuis 1993. Au début, le fjord du Saguenay a été utilisé afin de mettre au point la méthode et d'ajuster cette technologie aux besoins du Service hydraugraphique canadien. Cette méthode, utilisant un sondeur SIMRAD EM 1000, permet de produire des cartes bathymétriques ayant une précision relative de l'ordre de 10 à 20 cm pour un profondeur d'eau de 200 m. Les levés se font a une vitesse de croisière de 14 noeuds. En plus des données de sondages corrigées pour divers paramètres dynamiques (roulis, tangage, etc...), les diverses positions géographiques différentielles sont prises en continu au cours des levés et cela avec une résolution spatiale de moins de 1 m. En 1993, il a fallut 14 jours pour couvrir le secteur alors que 4 jours ont suffi en 1997. La couverture réalisée en 1997 avait pour but principal d'analyser la signature de la couche de sédiments déposés rapidement lors du déluge de 1996. L'objectif est de voir si on peut utiliser cette technique de sondage pour cartographier la distribution de cette couche de 1996 et suivre son évolution en termes de transport de sédiments ou de changements de densité. La comparaison entre les deux levés permet d'observer un « engraissement » des deltas des rivières à Mars et des Ha! Ha!. Dans son ensemble, le reste du secteur ne montre pas de changements significatifs en termes de variation bathymétriques. Rappelons que la couche de 1996 varie de 10 à 50 cm d'épaisseur et s'étale régulièrement des deltas vers l'embouchure de la Baie des Ha! Ha!. Par contre, les données de rétro-diffusion, provenant du signal émis, ont fourni des images très différentes. La couche de 1996 étant très molle et gorgée d'eau, le retour du signal en est modifié (teintes sombres) ce qui permet d'entrevoir la possibilité de localiser les zones recouvertes d'une couche de sédiments fins à partir de telles teintes. La superposition des données granulométriques et de la teneur en eau (ou densité) permet d'appuyer la cartographie réalisée à partir des levés de 1997. Les levés de 1997 ont aussi permis de confirmer la présence de structures morphologiques particulières telles qu'une butte d'érosion et une terrasse ou replat dont l'origine est encore indéterminée (érosion ou tectonique). La description de ces derniers éléments est appuyée par des levés de sismique réflection (SEISTEK).

STRUCTURE D'UNE SEQUENCE DE DEPOT ANALYSEE PAR TOMODENSITOMETRIE - EXEMPLE DE LA SEQUENCE MISE EN PLACE APRES LES CRUES DE 1996

CRÉMER, Jean-François, et LONG, Bernard F. Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Océanologie), Rimouski, QC, G5L 3A1 jean-francois_cremer@uqar.uquebec.ca; LOCAT, Jacques, Département de géologie et génie géologique, Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4

Suite aux crues de 1996, une importante quantité de sédiments provenant des bassins versants contigus au fjord Saguenay est venue se déverser dans la Baie des Ha! Ha! et dans le Bras Nord. Afin de caractériser ces dépôts en fonction de leur mode de mise en place et de leur potentiel de remobilisation, une série de carottes ont été prélevées, dans cette région, à l'aide soit d'un carottier à boîte sur 70 cm de profondeur, soit d'un carottier à gravité sur plus de trois mètres de profondeur lors d'une mission en juillet 1997. Ces carottes ont été analysés à l'aide du tomodensitomètre axial du Centre Hospitalier Régional de Rimouski (GE modèle B7590k HiSpeed CT/i). L'utilisation en géologie d'un tomodensitomètre axial, en version hélicoïdal, est intéressante car elle permet de réaliser une étude non destructrice de l'échantillon et d'évaluer de façon qualitative et quantitative le mode de mise en place, la densité des sédiments, la granulométrie, et l'état de compaction de ces derniers. Des coupes longitudinales et transversales peuvent être réalisées très rapidement suivant une série d'angles choisis. La très fine résolution en densité de cet appareil et le traitement informatique des images permet également de mettre en évidence des structures sédimentaires qui seraient à la limite du visible par les méthodes traditionnelles. L'études des échantillons du Saguenay nous a permis de mettre en évidence plusieurs types de faciès caractéristiques de ce mode de dépôt. Les faciès de glissement sont les plus nombreux et se divisent en sous-faciès lités, massifs sans stratifications apparentes ou réelles, entrecroisés, de mélange (contenant des blocs, des galets d'argiles et autres éléments grossiers dans une matrice non litée) et de petites loupes de glissements. Cette horizon de moins de 40 cm d'épaisseur repose en discordance sur les dépôts plus anciens qui sont généralement eux-mêmes de type gravitaire. Un an après la mise en place de cet horizon, aucune structure superficielle de remaniement n'a pu être décelée dans la partie sommitale des carottes. Néanmoins, cette dernière devra être analysée en détail pour être comparée avec celle qui sera retrouvée l'an prochain, lors de la nouvelle campagne d'échantillonnage, afin de vérifier si une remobilisation partielle peut se produire tant sous l'effet des conditions hydrodynamiques que sous l'influence de la bioturbation qui devrait s'accentuer avec la recolonisation du site.

CONSOLIDATION DE LA COUCHE 1996 RECOUVRANT LES SEDIMENTS CONTAMINES DU SECTEUR DE LA BAIE DES HA! HA! (FJORD DU SAGUENAY), QUEBEC: DONNEES PRELIMINAIRES

MAURICE, France, et LOCAT, Jacques, Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, fmaurice@ggl.ulaval.ca, LEROUEIL, Serge, GALVEZ-CLOUTIER, Rosa, Département de génie civil, Université Laval; et THERRIEN, René. Département de géologie et de génie géologique, Université Laval

Au cours de l'été de 1997, plus de 60 échantillons de surface ont été recueillis dans la partie amont du fjord du Saguenay, plus particulièrement dans la baie des Ha! Ha!. En plus, quelques échantillons ont aussi été recueillis à l'aide d'un carottier à boîte. Les essais suivants ont été réalisés sur ces échantillons : granulométrie, limites liquides et plastiques, teneur en eau, résistance au cisaillement intacte (cas des échantillons provenant des boîtes), résistance au cisaillement remaniée. Suite à ces diverses analyses, deux échantillons intégrés ont été préparés. Ces derniers ont été homogénéisés et placés dans des cellules SEDCON lesquelles permettent à la fois de suivre initialement la phase de sédimentation et celle de consolidation. Les deux essais SEDCON permettent d'obtenir une courbe de référence applicable à un cas de mise en place rapide (p.ex. turbidite ou coulée de boue). On peut donc utiliser de telles courbes pour comparer l'état actuel de la consolidation des sédiments évalué à partir des divers profils d'indice de liquidité obtenus des échantillons à boîte et qui sont comparés aux courbes SEDCON. Par exemple, la couche 1996 de 22 cm, observable au centre de la Baie des Ha! Ha!, présente un profil d'indice de liquidité typique d'un sédiment normalement consolidé mais mis en place rapidement et non bioturbé : valeur qui descend régulièrement de 4.0 à 3.0. Le profil in situ de la résistance au cisaillement de la couche de 1996 est lui aussi typique d'un sédiment non bioturbé avec une augmentation régulière selon la profondeur. Dès que l'on retrouve la couche bioturbée, les variations sont nettement plus irrégulières. Ces données vont servir de référence pour les changements qui seront observés au cours des années à venir. Les mêmes courbes SEDCON peuvent aussi être utilisées afin de prédire l'évolution de l'indice des vides suite à l'enfouissement. L'essai de base permet de simuler un enfouissement équivalent à 10 mètres ce qui, à un taux de sédimentation d'environ 1 à 10 mm par an, correspondrait à un temps équivalent à 10 000 ou 1 000 ans.

PLANIFICATION ET GESTION DE LA RECONSTRUCTION POST-DILUVIENNE AU SAGUENAY

PROULX, Marc-Urbain, Université du Québec à Chicoutimi, 555, boul. de l'Université, Chicoutimi (QC) G7H 2B1

Il n'existe pas de procédure formelle de planification et de gestion applicable directement aux catastrophes naturelles. Cependant, la stabilité étant un modèle du passé, la théorie de la planification considère de plus en plus l'état de turbulence comme caractéristique majeure de l'environnement dans lequel s'insère l'objet à planifier. Des techniques sont à cet effet mises au point dans le cadre des grandes composantes de la planification. Ces techniques sont éprouvées et enrichies au fil de l'expérimentation, notamment dans le contexte de grandes turbulences telles

que celles engendrées par les catastrophes naturelles. Ce texte analyse l'expérience de la planification et de la gestion de la reconstruction post-diluvienne au Saguenay. Nous illustrerons d'abord les enjeux de la gestion territoriale et du développement socio-économique, soulevés par les exercices de planification effectués avant le déluge sur ce territoire. Ensuite, nous verrons comment les décideurs ont utilisé la planification pour gérer, d'abord la crise, et ensuite la reconstruction post-diluvienne. Une description des travaux de la reconstruction sera effectuée à l'aide de la comptabilité des actions et interventions portées. Notre analyse nous permettra finalement de visualiser comment les composantes de la planification ont pu être appliquées concrètement dans le cadre du cas exposé. Une attention particulière sera portée aux facteurs de développement économique. Quelques leçons seront induites de notre analyse.

GRANDS TRAITS DU PROGRAMME DE RECHERCHE SUR L'INONDATION (GRIR, UQAC)

GAGNON, Christiane, Département des sciences humaines, Groupe de recherche et d'interventions régionales, Université du Québec à Chicoutimi, 555 boul. de l'Université, Chicoutimi, QC, G7H 2B1, Christiane_Gagnon@uqac.uquebec.ca

Face aux impacts majeurs - tant sociaux, écologiques qu'économiques - causés par les inondations de l'été dernier, un groupe multidisciplinaire de chercheurs de l'Université du Québec à Chicoutimi a pris l'initiative de mettre sur pied un programme de recherche sur les causes et les conséquences d'une catastrophe, telle l'inondation de juillet 1996. Ce programme de recherche innovateur se veut multidisciplinaire et découle d'une démarche spontanée de collaboration avec d'autres institutions universitaires et le milieu régional. L'objectif principal de ce programme est triple : 1) comprendre, dans sa globalité, les causes et les impacts de cette catastrophe dite naturelle; 2) dégager les enseignements pratiques et concrets pour l'ensemble des acteurs sociaux qu'il s'agisse des décideurs, des intervenants ou des populations affectées; 3) dégager les éléments généralisables à d'autres contextes afin de mieux prévoir, planifier, décider, atténuer et assurer le suivi des impacts.

LES LEÇONS APPRISES ET NON APPRISES ENCORE DE LA CATASTROPHE DU SAGUENAY POUR LA SECURITE CIVILE

PAUCHANT, Thierry C., Hautes Études Commerciales, 3000, chemin de la côte Ste-Catherine, Montréal, QC, H3T 2A7, pauchant@hec.ca, CAZALIS, Pierre, École Nationale d'Administration Publique, 555, boul. Charest est, Québec, QC, G1K 9E5, PARENT, Daniel, Hautes Études Commerciales, 3000, chemin de la côte Ste-Catherine, Montréal, QC, H3T 2A7

Dans cette communication, les auteurs décrivent les leçons qui ont été apprises et celles qui n'ont pas encore été apprises de la catastrophe du Saguenay pour la sécurité civile au Québec et au Canada. Cette évaluation est basée sur les recommandations proposées dans le rapport sur l'évaluation des mesures administratives prises durant cette catastrophe, le « Rapport Cazalis », et celles proposées dans le rapport sur la sécurité des barrages, le « Rapport Nicolet ». En

conclusion, les auteurs insistent sur l'urgence de développer au Québec et au Canada une « culture de sécurité civile ».

LA RIVIERE DES HA! HA!, EPICENTRE DU DELUGE : LES ASPECTS GEOTECHNIQUES

VALLÉE, Jean, Département des sciences appliquées, Université de Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, QC, G7H 2B1, jvallee@uqac.uquebec.ca

Cet exposé décrit la rivière la plus perturbée de la région du Saguenay lors du déluge de 1996. La rupture d'une digue en terre et de deux petits barrages en béton, une avulsion majeure, une érosion et un transport sédimentaire important, des surcreusements et redressements du lit de la rivière sont présentés du point de vue géotechnique. Une nouvelle cartographie des anciens glissements de terrain dans la partie aval de la rivière permet de comprendre leurs effets sur la configuration du lit de celle-ci. Différents secteurs de cette rivière sont présentés synthétiquement à l'aide d'une technique informatique (chromostéréographique) qui s'avère une nouvel outil de visualisation du terrain en trois dimensions pour plusieurs disciplines.

PARTICULATE AND COLLOIDAL + DISSOLVED SPECIES WITHIN THE WATER COLUMN OF THE SAGUENAY FJORD: PERTURBATIONS?

ALPAY, S., and MUCCI, A., Earth and Planetary Sciences, McGill University, 3450 University, Montréal QC, H3A 2A7, salpay@geosci.lan.mcgill.ca, HILLAIRE-MARCEL, C., Département des Sciences de la Terre, GEOTOP, Université du Québec à Montreal, Montréal, QC, H3C 3P8

Anthropogenic and natural trace metals are removed from the water column by several possible pathways that include direct adsorption onto particulate matter and "colloidal pumping". These natural contaminant remediation schemes may become so efficient that trace metal concentrations in the underlying sediment become anomalously elevated. To characterize the nature and sources of adsorbates and substrates, temporal and spatial distributions of particulate and colloidal + dissolved species were measured within the freshwater lens, at the thermohalocline, and in the fully oxygenated marine water column at four stations along the main axis of the Saguenay fjord (Quebec, Canada). The pre-determined sampling schedule included measurements before and after the flood event of June 1996. Perturbations within the water column at the monitoring stations within the sampling time interval before and after the flood cannot be uniquely ascribed to the flood disaster. Preliminary results of the overall study (May 1996 to present) suggest the predominance of colloidal material at the thermohalocline that coincides with the turbidity maximum. Results of parallel and sequential filtrations on polycarbonate membranes (0.4, 0.1, 0.05 and 0.03 mm) reveal no difference in "dissolved" organic carbon, As, Si, and Al concentrations. If there is a distinct colloidal metal pool, then it would appear that filtration on polycarbonate membranes is an inadequate isolation technique. The total (unfiltered) concentrations of As and Si and their colloidal + dissolved concentrations (<0.4 mm) are nearly identical throughout the water column. Colloidal + dissolved As concentrations appear to behave conservatively along the salinity gradient. In each size fraction,

Si concentrations display maximum values in the surface freshwater, intermediate values at the thermohalocline and minimum values in the underlying marine water. Al concentrations show a similar distribution with water depth, but the total (unfiltered) concentrations exceed the colloidal + dissolved concentrations by one order of magnitude. Additional riverine analyses suggest that spillage or air fall of particulate Al from aluminum smelting operations upstream may provide a substrate for adsorption of trace metals within the fjord. Evidence from analyses of C:N, d13C (from material collected on glass fibre filters), and 234Th (from particle concentration by cross-flow ultrafiltration) suggests that the composition and residence times of particulate matter vary both temporally and spatially.

L'UTILISATION DU PIEZOCONE LORS DE LA CRUE DE JUILLET 1996 AU SAGUENAY

BOUCHARD, Régis. PDG Techmat Inc., 3306, boul. St-François, Jonquière, QC, G7X 2W9, bouchardr@techmat.qc.ca

Les pluies diluviennes du 19 et 20 juillet 1996 et les crues qui s'ensuivirent ont marqué la topographie des abords des principales rivières du Saguenay. La vidange rapide de plusieurs réservoirs artificiels, l'érosion en fond de rivière et l'érosion latérale provoquée par les forts débits ont sculpté des parois quasi-verticales dans les dépôts meubles le long de ces cours d'eau. L'impact des phénomènes engendrés par la pluie a donc entraîné des conséquences importantes sur les sols naturels et sur les constructions humaines. La reconstruction des routes, ponts, barrages et la stabilisation des pentes à stabilité précaire ont nécessité la réalisation de nombreuses campagnes d'investigation. Dans le cadre de la réalisation de ces campagnes, l'utilisation du piézocône a permis de caractériser rapidement et efficacement les sols rencontrés. Dans la présentation, le contexte géologique des sols saguenéens sera brièvement décrit suivi d'une présentation de quelques exemples d'applications vulgarisées qui illustreront les avantages de la technique d'investigation.

TYPOLOGIE DES GLISSEMENTS DE TERRAIN PROVOQUES PAR LES FORTES PLUIES DE LA MI-JUILLET 1996 AU SAGUENAY/LAC SAINT-JEAN, QUEBEC.

PERRET, Didier et BÉGIN, Christian. Commission géologique du Canada, CGC-Québec, Sainte-Foy, QC, G1V 4C7, dperret@gsc.NRCan.gc.ca, DEMERS, Denis. Ministère des transports du Québec, Sainte-Foy, QC, G1S 4X9

Les pluies diluviennes qui se sont abattues du 19 au 21 juillet 1996 sur la région du Saguenay et du lac Saint-Jean (Québec) sont à l'origine de plus de 1 000 glissements de terrain. Une photo-interprétation à l'échelle 1:15 000 a montré que 90% environ des glissements de terrain sont situés à l'extérieur des couloirs alluviaux, dans des secteurs non sujets à l'érosion fluviale. Les zones les plus fortement affectées correspondent aux dépôts d'argiles marines des basses terres de la région, où les concentrations dépassent localement la centaine de mouvements par km^2. Afin de préciser les mécanismes de rupture, 267 sites de glissements de terrain ont fait l'objet d'une description géomorphométrique détaillée au sol. Les mouvements ont ainsi été

identifiés selon la forme générale de la cicatrice, les distances d'empiétement amont et aval, la profondeur reconnue ou suspectée de la surface de rupture, et la position de la zone d'arrachement sur le talus. Bien que de nombreux glissements présentent un caractère mixte, on peut néanmoins distinguer les quatre principaux types suivants : (1) les décollements pelliculaires, dont la surface de rupture est plus ou moins parallèle à la pente, et ne mobilisant que la couche de terre végétale et la zone racinaire; (2) les décrochements peu profonds, les plus nombreux, affectant une épaisseur de matériaux approximativement comprise entre 1 et 3-4 m, et restant confinés à la croûte argileuse altérée; (3) les glissements rotationnels profonds, le plus souvent rétrogressifs, mobilisant des matériaux sur des épaisseurs allant jusqu'à 8 m au moins; et (4) les coulées de boues, beaucoup plus longues que larges, caractérisées par une niche d'arrachement située dans la partie supérieure des talus. L'analyse géomorphologique indique par ailleurs que les décrochements peu profonds se produisent préférentiellement sur les versants à forte convexité, tandis que les coulées de boues affectent les flancs ou le front des éperons. La typologie proposée est finalement mise en relation avec la géologie et les propriétés géotechniques des matériaux impliqués.

L'ETAT DE STRESS POST-TRAUMATIQUE : L'APRES DELUGE AU SAGUENAY

FORTIN, Martin. Département de médecine de famille, Université de Québec à Chicoutimi, Unité de médecine de famille de Chicoutimi, Complexe Hospitalier de la Sagamie, 305 St-Vallier, Chicoutimi, QC, G7H 5H6, mfortin@saglac.qc.ca; AUGER, C., LATOUR, S. et TRUDEL, M., Unité de médecine de famille de Chicoutimi, Complexe Hospitalier de la Sagamie, 305 St-Vallier, Chicoutimi, QC, G7H 5H6.

Objectif : Mesurer la prévalence de l'état de stress post-traumatique et de la détresse émotionnelle trois mois après le déluge au Saguenay. *Conception* : Étude descriptive utilisant un questionnaire administré par téléphone auprès d'une population sinistrée et d'un groupe témoin. *Contexte* : La ville de Chicoutimi. *Participants* : La population adulte dans un quartier sinistré après consentement (n=62) et un groupe témoin volontaire aléatoire parmi la, population d'un quartier voisin (n=79). Principales mesures des résultats: La positivité aux critéres diagnostiques de l'état de stress post-traumatique et un score élevé au questionnaire sur la détresse émotionnelle. *Résultats* : La population et le groupe témoin étaient comparables sur le plan, sociodémographique. Un prévalence de prés de 20% a été mesuré pour l'état de stress post-traumatique dans le groupe sinistré, représentant un rapport de, cote de 6,08 (IC95%:1,63 ; 22,64). La détresse émotionnelle était présente chez 29% des sinistrés pour un rapport de cote de 2,42 (IC95%: 1,04 ; 5,61). Les questionnaires utilisés étaient des traductions et adaptations du "PTSD Reaction Index" et du "Self Reporting Questionnaire". *Conclusion* : Le déluge au Saguenay a entraîné des sequelles psychologiques qui étaient mesurables après trois mois. Les intervenants de la santé doivent être sensibilisés aux conséquences psychologiques des catastrophes naturelles au Québec.

ANALYSE DE LA CRUE SUR LA RIVIERE CHICOUTIMI ET SES CONSEQUENCES GEOMORPHOLOGIQUES

HENICHE, Mourad, LECLERC, Michel, SECRETAN, Yves, et BOUDREAU, Paul, Institut national de la recherche scientifique - Eau (INRS-Eau), C.P. 7500 Sainte-Foy (QC), G1V 4C7, Mourad_Heniche@inrs-eau.uquebec.ca, LAPOINTE, Michel, Département de géographie, U. McGill, 805, rue Sherbrooke ouest, Montréal (QC), H3A 2K6

Lors des événements du Saguenay en juillet 1996, la surabondance des précipitations et du ruissellement du bassin versant ont saturé les capacités de régularisation du lac-réservoir Kénogami en amont des secteurs habités du Saguenay. Une simulation hydrodynamique bidimensionnelle de cette crue dans la rivière Chicoutimi et une analyse des changements morphologiques ayant affecté des biefs de barrages ont été réalisés suite aux événements. Les apports hydrologiques de 2500 m^3/s du bassin versant ont été redistribués entre les rivières Chicoutimi et aux Sables après laminage à 1800 m^3/s (1100 et 700, respectivement). Cette répartition est largement influencée par les ouvrages de retenue en amont (Portage-des-Roches et Pibrac), leur partage naturel ayant, pu être très différent en l'absence des barrages. La crue de la rivière Chicoutimi a largement dépassé les capacités hydrauliques naturelles de la rivière de même que les capacités d'évacuation des barrages en aval (Chute-Garneau, Pont Arnaud, Elkem Métal et Abitibi-Stone à Chicoutimi). Les simulations, hydrodynamiques transitoires, réalisées avec le modèle, ont permis de reconstituer le transfert de la crue dans la rivière Chicoutimi. Les données, topographiques sur le lit mineur et la plaine inondable ont été acquises de diverses sources très hétérogènes (dont la photogrammétrie) qu'il a fallu, réconcilier ensemble avec un outil hydro-géomatique très performant, appelé MODELEUR. Aux barrages de Chute-Garneau et Pont Arnaud, le niveau atteint, par la rivière a occasionné le contournement des ouvrages en béton et il s'en est suivi une incision massive des dépôts fluvio-marins constituant les appuis, des barrages. Ce phénomène est assimilable à une avulsion. À Chute Garneau, l'érosion a affecté un volume de 147 000 m^3 alors qu'à Pont Arnaud, le bilan, sédimentaire se chiffre à 750 000 m^3. Il n'est pas exclu que les capacités naturelles (pré-barrage) des sections d'écoulement aient été dépassées ce qui laisse planer un sérieux doute sur le bien-fondé du concept d'évacuation du complexe hydroélectrique. Site Internet : http://www.inrs-eau.uquebec.ca/saguenay.

PERFORMANCE DE LA COUCHE DE SEDIMENTS DU DELUGE DE 1996 RECOUVRANT LES SEDIMENTS CONTAMINES DU FJORD DU SAGUENAY : UNE OCCASION DE DEVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE

LOCAT, Jacques, Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, locat@ggl.ulaval.ca; DESROSIERS, Gaston, (UQAR), DE VERNAL, Anne, (UQAM); GAGNÉ, Jean-Pierre, (UQAR); GALVEZ-CLOUTIER Rosa, (U. Laval); GRATTON, Yves, (INRS), HILL, Philip, (UQAR); HILLAIRE-MARCEL, Claude, (UQAM); LONG, Bernard (INRS); MUCCI, Alphonso, (McGill); PELLETIER, Émilien, (INRS); SIMPKIN, Peter, (INRS); et THERRIEN, René, (U. Laval).

Le déluge catastrophique de 1996 au Saguenay a entraîné la mise en place de plus de 6 millions de tonnes de sédiments relativement propres sur des sédiments contaminés de la Baie des Ha! Ha! et du Bras Nord (partie amont du fjord du Saguenay). Des observations préliminaires indiquent que cette couche, varie en épaisseur de 10 à 50 cm. Très tôt à la suite du déluge de 1996, une équipe pluridisciplinaire a été réunie afin d'évaluer, sous divers aspects, la pérennité de cette couche et son efficacité comme barrière géologique à la migration des contaminants. Cette étude va exiger le développement d'outils et de méthodes d'évaluation de la performance environnementale de la couche de recouvrement, de la restauration du site, ainsi que la prédiction du mouvement, des contaminants, de l'intégrité de cette couche et de sa stabilité. Une telle problématique exige un programme de recherche qui doit bien intégrer diverses, disciplines telles que la géologie, la biologie, la chimie et l'hydraulique. Le projet mis sur pied, d'une durée de cinq ans, regroupe des chercheurs de, plusieurs universités du Québec et de l'extérieur. Les résultats de ce projet de recherche de cinq ans devraient permettre de : (1) fournir une réponse quant à l'efficacité de la couche de recouvrement; (2) identifier, d'une façon satisfaisante, les espèces vivantes du fjord qui peuvent agir comme indicatrices de la restauration environnementale du site; (3) construire des modèles numériques ou conceptuels qui permettent d'évaluer et de prédire les réactions chimiques, qui ont cours juste au pourtour de la couche de recouvrement; (4) fournir un modèle de simulation numérique qui permette de prédire le transport des contaminants au travers de la couche de recouvrement; (5) indiquer comment cette couche va résister à l'érosion et aux tremblements de terre; et (6) rassembler ces divers outils et techniques en un canevas qui pourra être utilisé dans la planification, la réalisation et la prédiction de la performance de couches de recouvrement (naturelles ou artificielles) de sédiments contaminés. Nous profitons de ce symposium pour lancer le projet et fournir des résultats préliminaires liés aux diverses facettes du programme de recherche. Ce projet est financé par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada et par l'Alcan.

ANNEXE 1

Programme du Symposium sur le Déluge du Saguenay de 1996 le 20 mai 1998

Période	Titre	Noms
1 + 2	La gestion des risques et la pratique de l'ingénierie : le cas du Saguenay	Roger NICOLET (O.I.Q.)
3	La rivière Chicoutimi : parlez-moi d'une crue - Perspective géographique de l'ensemble du phénomène	Gilles H. LEMIEUX (UQAC)
4	Conséquences des inondations sur la santé de la population : recension des écrits et présentation de cas-types	Gilles LALANDE, Danielle MALTAIS, Suzie ROBICHAUD et Anne SIMARD (UQAC)
5	Fluvial geomorphic effects of the July 1996 flooding, Saquenay region, southern Quebec, Canada	D.E. LAWRENCE, et G.R. BROOKS (CGC)
6	Contamination du fjord du Saguenay : un sommaire des connaissances actuelles	Émilien PELLETIER (INRS-Océanologie)
7	Les dommages résidentiels des inondations - La leçon du Saguenay	Michel LECLERC, Joëlle MARION et Mourad HENICHE (INRS-Eau)
8	La gestion de la reconstruction suite aux pluies diluviennes au Saguenay	François MORNEAU (MTQ)
	Dejeuner	
9	Les leçons apprises et non apprises encore de la catastrophe du Saguenay pour la Sécurité civile	Thierry C. PAUCHANT (HEC), Pierre CAZALIS (ENAP) et Daniel PARENT (HEC)
10	La Rivière des Ha! Ha!, épicentre du déluge : les aspects géotechniques.	Jean VALLÉE (UQAC)
11	Particulate and colloidal + dissolved species within the water column of the Saguenay Fjord: perturbations ?	Salma ALPAY et Alphonso MUCCI (McGill)
12	L'utilisation du piézocône lors de la crue de juillet 1996.	Régis BOUCHARD (Techmat)
13	Typologie des glissements de terrain provoqués par les fortes pluies de la mi-juillet 1996 au Saguenay/Lac Saint-Jean, Québec.	Didier PERRET, Christian BÉGIN, et Denis DEMERS (CGC et MTQ)
14	L'état de stress post-traumatique : l'après déluge au Saguenay.	Martin FORTIN, C. AUGER, S. LATOUR et M. TRUDEL (UQAC)
15	Analyse de la crue sur la rivière Chicoutimi et ses conséquences géomorphologiques	Mourad HENICHE, Yves SECRETAN, Paul BOUDREAU et Michel LAPOINTE (INRS-Eau)
16	Performance de la couche de sédiments du déluge de 1996 recouvrant les sédiments contaminés du fjord du Saguenay: une occasion de développement technologique.	Jacques LOCAT (Laval), G. DESROSIERS (UQAR), A. DE VERNAL (UQAM), J.-P. GAGNE (UQAR), R. GALVEZ-CLOUTIER (Laval), Y. GRATTON (INRS), P. HILL (UQAR), C. HILLAIRE-MARCEL (UQAM), B. LONG (INRS), A. MUCCI (McGill), E. PELLETIER (INRS), P. SIMPKIN (INRS) et R. THERRIEN (Laval)

SESSIONS AFFICHES - POSTERS	
Titre	**Noms**
Contribution of detailed surficial mapping in the reconnaissance of multi-event landslides in postglacial marine clays.	S. PARADIS, D. PERRET et C. BÉGIN (CGC)
Impact du déluge de juillet 1996 sur la méiofaune benthique du fjord du Saguenay	G. TITA et Gaston DESROSIERS (UQAR)
Le déluge du Saguenay : évolution géochimiques des sédiments de la Baie des Ha! Ha! (fjord du Saguenay)	Bruno DEFLANDRE et Jean-Pierre GAGNÉ (UQAR)
Apports sédimentaires dans le fjord du Saguenay : Conséquences d'une perturbation environnementale sur la composition et l'évolution des peuplements macrobenthiques	Christian NOZAIS et Gaston DESROSIERS (UAR)
Analyse à rebours de deux glissements de terrain survenus lors des pluies diluviennes de juillet 1996 au Saguenay	Denis DEMERS, Denis ROBITAILLE, et Didier PERRET (MTQ et CGC)
Coulées de débris rocheux survenues lors du déluge du Saguenay	André DROLET (MTQ)
Thorium isotope systematics in box cored sediments from the outlet of the Baie des Ha! Ha!, Saguenay Fjord (Eastern Canada)	J. SAVARD, B. GHALEB, D. ZHANG et Claude HILLAIRE-MARCEL (UQAM)
Consolidation de la couche 1996 recouvrant les sédiments contaminés du secteur de la Baie des Ha! Ha! (fjord du Saguenay), Québec : données préliminaires.	France MAURICE, Jacques LOCAT, Serge LEROUEIL, Rosa GALVEZ-CLOUTIER et René THERRIEN (Laval)
Comparaison des sondages multifaisceaux réalisés en 1993 et 1997 dans la partie amont du fjord du Saguenay : analyse préliminaire de la couche de 1996 et d'éléments géomorphologiques.	Jacques LOCAT, Édouard KAMMERER, Normand DOUCET, John HUGHES-CLARKE, Larry MAYER, France MAURICE, Éric BOULANGER et Peter SIMPKIN (Laval)
Structure d'une séquence de dépôt analysée par tomodensitométrie : exemple de la séquence mise en place après les crues de 1996.	Jean-François CRÉMER, Bernard F. LONG et Jacques LOCAT (INRS-Laval)
Traceurs micropaléontologiques et géochimiques des changements environnementaux récents dans le fjord du Saguenay	R. DEVILLERS, LOUCHEUR, V., MARMEN, S., BERTINI, A., BIANCHI, A., DE VERNAL, A. et C. HILLAIRE-MARCEL (UQAM)
Quand une rivière change de cours - L'avulsion de la Ha! Ha! en juillet 1996	Michel LAPOINTE, Michel LECLERD, Normand BERGERON et Yves SECRETAN (INRS-Eau)
Planification et gestion de la reconstruction post-diluvienne au Saguenay	Marc-Urbain PROULX (UQAC)
Grand traits du programme de recherche sur l'inondation (GRIR, UQAC)	Christiane GAGNON (UQAC)
Contamination du fjord par les butylétains	Sophie ROBILLARD, Émilien PELLETIER et Richard SAINT-LOUIS (INRS-Océanologie)